



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY

ENERGY ASSESSMENT OF THE BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

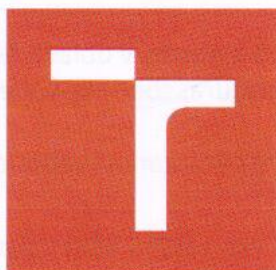
Renata Bidmonová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Renata Bidmonová
Název	Energetické hodnocení budovy
Vedoucí práce	doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Platné zákony, vyhlášky, nařízení a normy v oblasti řešené problematiky bakalářské práce. Domácí, evropská a světová literatura, sborníky vědeckých konferencí a odborných akcí v oblasti TZB.

Podrobné podklady a další upřesnění stanoví vedoucí bakalářské práce při konzultacích.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

a) Dle platných směrnic: titulní list, zadání VŠKP, abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce, bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690, prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora, poděkování (nepovinné),

b) obsah,

c) úvod,

d) vlastní text práce s osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran

B. Výpočtová část

B1. Analýza energetických potřeb a toků budovy, specifikace energetických systémů budovy, zhodnocení vnitřního prostředí, stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí

B2. Energetické hodnocení budovy, standardizované užívání budovy, potřeba energie pro vybrané bilanční položky, návrh opatření pro snížení energetické náročnosti, ekonomické hodnocení navržených opatření

C. Projekt – zpracování schémat navržených řešení, zpracování detailů řešení, realizace a zhodnocení experimentu

e) závěr,

f) seznam použitých zdrojů,

g) seznam použitých zkratk a symbolů,

h) seznam příloh,

i) přílohy – výkresy, schémata.

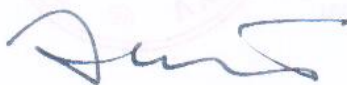
Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá energetickým hodnocením budovy v Brně. Je rozdělena do tří částí.

V části A se nachází základní definice a rozdělení dané problematiky podle platných zákonů, vyhlášek a technických norem.

V části B se nachází detailnější popis jednotlivých vztahů a postupy výpočtů, které slouží ke zpracování dílčích částí průkazu energetické náročnosti budovy. Dále návrhy opatření na zlepšení energetické náročnosti budovy, ekonomické a ekologické hodnocení.

V části C se nachází popis daného objektu, jeho stavební řešení a specifikace systémů TZB. Dále výpočet potřeby energie pro jednotlivé systémy TZB. Návrh úsporných opatření pro daný objekt. Hlavní část bakalářské práce je experimentální měření a jeho vyhodnocení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetické hodnocení, energetická náročnost, bytový dům, průkaz energetické náročnosti, energetické systémy budov, ekonomické hodnocení, úsporné opatření, zdroje energie, termografie.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the energetic evaluation of the building in Brno. It is divided into three parts.

Part A focuses on basic definitions and division problematics under applicable laws, decrees, and technical standards.

Part B provides a more detailed description of the individual relationships and calculation procedures used to process the parts of the building's energy performance certificate. Furthermore, proposals for measures to improve the energy performance of a building, economic and environmental assessment.

Part C contains a description of the object, its construction solution and the specifications of the BS (Institute of Building Services) systems. Furthermore, the calculation of energy needs for individual BS (Institute of Building Services) systems. Designing austerity measures for a given object. The main part of the bachelor thesis is experimental measurement and its evaluation.

KEY WORDS

Energy assessment, energy performance, residential building, energy performance certificate, energy systems of building, economic assessment, austerity measures, energy sources, thermography.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Renata Bidmonová *Energetické hodnocení budovy*. Brno, 2018. 113 s., 11 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických
zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

.....

Podpis autora

Renata Bidmonová

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Jiřímu Hiršovi, CSc. za odborné vedení a řadu podnětů a rad při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Tomáši Volaříkovi, Ph.D. a Tomáši Hortovi za poskytnutí veškerých informací, které jsem ke zpracování bakalářské práce potřebovala.

OBSAH

ÚVOD.....	8
A. TEORETICKÁ ČÁST.....	9
A.1. Energetická náročnost budovy	10
A.1.1. Energetický štítek obálky budovy (EŠOB)	10
A.1.2. Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)	10
A.1.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy je nutné dle § 7 zákona č. 406/2000 Sb. pořídit:	11
A.1.2.2 Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. obsahuje:.....	11
A.1.2.3 Obsah PENB:	11
A.1.3. Energetický audit (EA)	12
A.1.3.1 Obsah energetického auditu:	12
A.1.4. Energetický posudek (EP)	13
A.1.4.1 Obsah energetického posudku:.....	13
A.2. Základní členění nízkoenergetických domů	14
A.2.1. Budova s téměř nulovou spotřebou (NZEB – Nearly zero – energy buldings)	14
A.3. Členění budov podle měrné potřeby tepla na vytápění	16
A.3.1. Nízkoenergetické domy	16
A.3.2. Pasivní domy.....	16
A.4. Členění budov používaných v praxi	18
A.4.1. Energeticky pozitivní dům	18
A.4.2. Úsporné domy v nulovém či energeticky pozitivním souboru.....	18
A.4.3. Dům se zvýšenou energetickou nezávislostí	18
A.4.4. Dům energeticky nezávislý	18
A.5. Zdroje energie.....	19
A.5.1. Primární zdroje	20
A.5.2. Sekundární zdroje	20
A.5.3. Energetické pravidlo	21
A.5.4. Neobnovitelné zdroje	21
A.5.5. Obnovitelné zdroje energie	22
A.5.6. Sluneční energie	23

A.5.6.1 Solární panely	24
A.5.7. Vodní energie	25
A.5.8. Větrné energie	26
A.5.9. Biopaliva	27
A.5.9.1 Bioetanol.....	28
A.5.9.2 Bionafta	28
A.5.9.3 Rostlinné oleje	28
A.5.9.4 Bioplyn	28
A.6. Teorie termografie.....	29
A.6.1. Termogram	29
A.6.2. Měření termokamerou	29
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	32
B.1. Analýza energetických potřeb a toků budovy	33
B.2. Stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí	34
B.2.1. Šíření tepla konstrukcí	34
B.2.2. Šíření vlhkosti konstrukcí	34
B.2.3. Šíření vzduchu konstrukcí	35
B.2.4. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	36
B.2.5. Stanovení součinitelů prostupu tepla.....	36
B.2.6. Prostup tepla obálkou	38
B.3. Návrh úsporných opatření pro snížení energetické náročnosti	39
B.3.1. Zateplení	39
B.3.2. Výměna oken	39
B.3.3. Energeticky úsporná svítidla	40
B.3.4. Rekonstrukce vytápění a přípravy teplé vody	40
B.3.5. Solární panely pro přípravu teplé vody	40
B.4. Vyhodnocení	41
B.4.1. Ekonomické vyhodnocení.....	41
B.4.2. Ekologické vyhodnocení	43
C. PROJEKT.....	45
C.1. Analýza průkazu energetické náročnosti budovy	46
C.1.1. Obecné informace daného objektu	46

C.1.2. Popis stávajícího stavu objektu	46
C.1.3. Lokalita.....	47
C.1.4. Fotografie stávajícího stavu objektu.....	48
C.2. Popis jednotlivých stavebních částí	50
C.2.1.1 Založení stavby	50
C.2.1.2 Obvodový plášť	50
C.2.1.3 Sokl.....	50
C.2.1.4 Stop nad 5. NP (podlaha půdy)	51
C.2.1.5 Střecha	51
C.2.1.6 Klempířské prvky	51
C.2.1.7 Zámečnické práce a výrobky.....	51
C.2.1.8 Vyústky odvodu spalin.....	51
C.2.1.9 Hromosvody.....	51
C.2.1.10 Výplně otvorů	52
C.2.1.11 Lodžie	52
C.2.1.12 Fasáda	52
C.3. Energetické systémy stávajícího stavu objektu	53
C.3.1.1 Elektrická energie	53
C.3.1.2 Rozvod a příprava teplé vody	54
C.3.1.3 Rozvod plynu	55
C.3.1.4 Vzduchotechnika	57
C.3.1.5 Úprava vlhkosti materiálů v konstrukcích	57
C.3.1.6 Osvětlení	58
C.3.1.7 Vytápění.....	59
C.4. Tepelně technické vlastnosti stávajícího stavu konstrukcí.....	61
C.4.1. Součinitele prostupu tepla stávajícího stavu konstrukce	61
C.4.2. Výpočet součinitele prostupu tepla stávajícího stavu konstrukce	62
C.5. Potřeba energie pro jednotlivé systémy TZB.....	68
C.5.1. Příprava teplé vody	68
C.5.2. Vytápění.....	69
C.5.3. Osvětlení	71
C.5.4. Celková energetická bilance stávajícího stavu objektu	73

C.6. Návrh úsporných opatření	74
C.6.1. Zateplení konstrukce – 1. varianta	74
C.6.2. Výměna původních dřevěných oken – 2. varianta	80
C.7. Vybrané experimentální ověření reálného stavu budovy	81
C.7.1. Snímky termokamerou	81
C.7.1.1 Snímky z exteriéru	81
C.7.1.2 Snímky z interiéru – byt v 5. NP na východní straně	88
C.7.1.3 Porovnání jednoho snímku s různou hodnotou emisivity.....	92
C.7.2. Měření vnitřního prostředí – byt v 5. NP na východní straně	93
ZÁVĚR	99
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	100
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	102
SEZNAM OBRÁZKŮ	105
SEZNAM TABULEK.....	107
SEZNAM GRAFŮ	108
SEZNAM POUŽITÝCH DOKUMENTŮ	109
SEZNAM PŘÍLOH.....	109

ÚVOD

Tématem bakalářské práce je energetické hodnocení bytového domu, který se nachází v Brně – Žabovřesky. Bakalářská práce je rozdělena do tří částí. Použila jsem studentskou verzi výpočetního softwaru Energetika ze stavebního programu DEKSOFT pro výpočet dílčích částí průkazu energetické náročnosti budovy a pro vypracování energetického štítku obálky budovy.

A – Teoretická část

B – Výpočtová část

C – Projekt

V části A se nachází literární rešerše. Obsahuje definice jednotlivých pojmů a základní členění. Vše je řešeno dle právních předpisů EU a ČR, které s danou problematikou souvisejí.

V části B se nachází výpočtová část. Jedná se o detailnější popis jednotlivých vztahů a postupy výpočtů, které slouží ke zpracování dílčích částí průkazu energetické náročnosti budovy. Obsahuje stručnou analýzu energetických potřeb a toků budovy, stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí. Dále návrhy opatření na zlepšení energetické náročnosti budovy, ekonomické a ekologické hodnocení.

V části C se nachází dílčí části průkazu energetické náročnosti budovy bytového domu v Brně – Žabovřesky na ulici Kounicova. V této části se nachází popis daného objektu včetně stavebních konstrukcí a specifikace systémů TZB. Cílem bylo si vyzkoušet vypracovat dílčí části průkazu energetické náročnosti budovy a energetického auditu. Dále navrhnout opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. Hlavní část bakalářské práce je experimentální měření. Jedná se o termografické měření z exteriéru i interiéru a měření vnitřního prostředí jednoho z bytů (teplota, vlhkost, CO₂, VOC). Cílem bylo si vyzkoušet naměřená data zpracovat a vyhodnotit.

K zadanému objektu nebyly dostatečně vhodné a přehledné podklady. Jednotlivé rozměry ve výkresech jsou uvedeny z měření jednotlivých konstrukcí, proto je například konstrukční výška v každém patře jiná. Konstrukční výšku jsem sjednotila na 3,4 m. Některé kóty ve výkresech jsou nečitelné nebo nepřesné, proto jsem použila typické rozměry (např. u oken). Také jsem neměla dostatečné informace k jednotlivým skladbám konstrukcí, proto jsem v některých případech použila typické tloušťky dané vrstvy konstrukce. Z těchto důvodů v jednotlivých výpočtech může dojít k nepřesnostem se kterými se, ale musí počítat, protože daný objekt byl vystavěn kolem roku 1930 a nemá dostatečnou projektovou dokumentaci.

Moji bakalářskou práci jsem prezentovala na soutěži studentské vědecké a odborné činnosti (SVOČ).



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. TEORETICKÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renata Bidmonová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

BRNO 2018

A.1. Energetická náročnost budovy

S ohledem na rostoucí lidskou populaci dochází ke zvětšování spotřeby energie. Mnohem více se na přeměnu energie využívají neobnovitelné zdroje, které vedou ke zvyšování skleníkových plynů, vodní páry, metanu, oxidu uhličitého a dusného. Tyto negativní jevy mají vliv na kvalitu životní úrovně a způsobují znečišťování životního prostředí. Proto je velmi důležité, aby se co nejvíce zvyšovalo využití obnovitelných zdrojů na přeměnu energie. Při přeměně obnovitelných zdrojů na rozdíl od neobnovitelných nevznikají škodliviny. Velmi důležité je, aby stavebník při výstavbě nové budovy plnil požadavky na energetickou náročnost budovy a doložil to průkazem energetické náročnosti.

V následujících kapitolách se budu věnovat definování základních pojmů dle zákona č. 406/200 Sb.

A.1.1. Energetický štítek obálky budovy (EŠOB)

Energetický štítek obálky budovy je přehledný dokument, který nám podává informace o splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy. Jeho náležitosti jsou upraveny dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Jedná se pouze o část energetického hodnocení budovy, která se zabývá pouze vytápěním. Slouží k posouzení tepelně technických vlastností konstrukce obálky budovy dle ČSN 73 0540-2: 2011. Energetický štítek budovy se dá přirovnat k energetickému štítku elektrických spotřebičů (např. energetický štítek ledničky, pračky, apod.). Podává detailnější informace o konstrukcích. Závěrem tohoto výpočtu je přehledné grafické hodnocení celé budovy. Jedná se o zařazení do klasifikačních tříd od A do G. Nejvíce hospodárné budovy patří do energetické třídy A, a nejméně hospodárné budovy do třídy G. Z toho vyplývá, že čím lepší třídu získáme v energetickém štítku, tím méně tepla unikne ven skrz obalové konstrukce. Vypracováním energetického štítku obálky budovy získáme podrobné informace o tepelně technických vlastnostech budovy, ze kterých lze navrhnout případná opatření na zlepšení tepelně technických vlastností budovy. [1]

A.1.2. Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti slouží k hodnocení budovy nebo její ucelené části z hlediska energetické náročnosti. Vychází z evropské směrnice 2002/91/ES. Hlavním cílem je, co nejvíce snížit spotřebu energie, emisí CO₂, co nejvíce využívat obnovitelné zdroje energie a chránit životní prostředí. Podle spotřeby energií a emisí CO₂ lze objekt zařadit do energetických tříd od A do G. Nejvíce hospodárné budovy patří do energetické třídy A, a nejméně hospodárné budovy do třídy G. Průkaz energetické náročnosti budovy nesmí být starší více než 10 let. Jsou v něm obsaženy tepelně technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí.

Průkaz energetické náročnosti budovy může vypracovávat pouze osoba oprávněná podle § 10 odst. 1) písm. b) zákona č. 406/2000 Sb., která je přezkoušená výkonnou státní energetickou inspekcí podle právního předpisu z detailů jeho vypracování. Na tuto činnost dohlíží ministerstvo průmyslu a obchodu.

A.1.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy je nutné dle § 7 zákona č. 406/2000 Sb. pořídit:

- při výstavbě nové budovy,
- při větší změně dokončené budovy (více než 25 % celkové plochy obálky budovy),
- při prodeji budovy nebo ucelené části budovy,
- při pronájmu budovy,
- při pronájmu ucelené části budovy od 1. ledna 2016,
- pro budovy užívané orgánem veřejné moci, které už v současné době platí:
 - od 1. července 2013 s celkovou energeticky vztaženou plochou větší než 500 m²,
 - od 1. července 2015 s celkovou energeticky vztaženou plochou větší než 250 m².

A.1.2.2 Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. obsahuje:

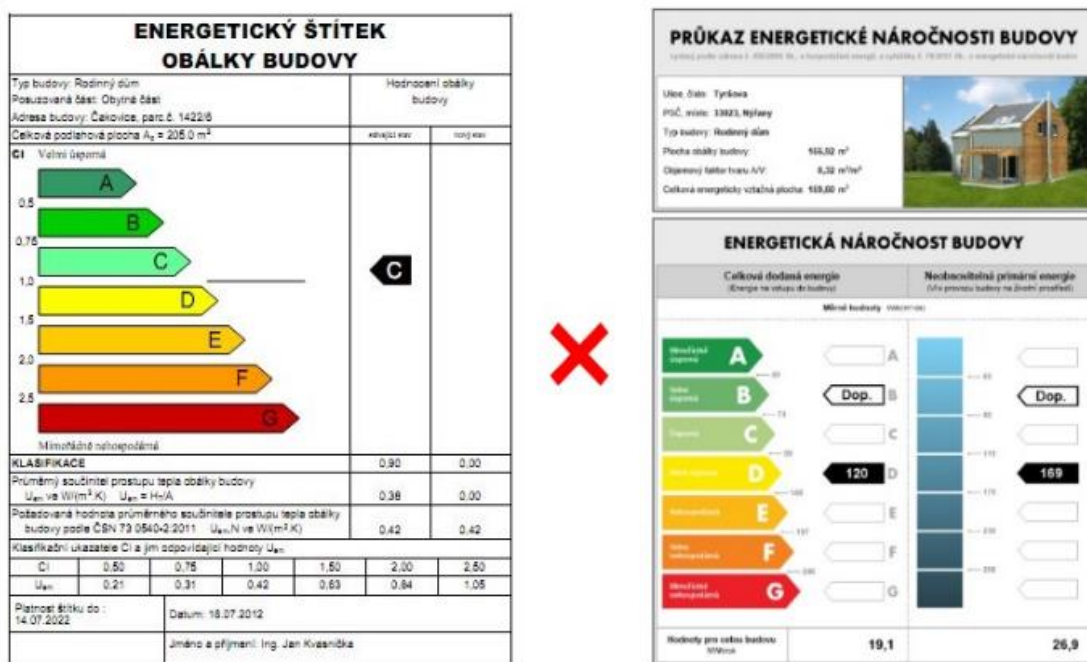
- protokol průkazu energetické náročnosti budovy,
- grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy.

A.1.2.3 Obsah PENB:

- identifikační údaje dané budovy,
- technické údaje dané budovy,
- typ budovy,
- typy využitých energií v budově,
- energetickou bilanci dané budovy,
- doporučená opatření pro technické a ekonomické snížení energetické náročnosti budovy,
- možnost použití alternativních systémů podle § 6 odstavce 4 zákona č. 406/2000 Sb. u nových budov nad 1 000 m² celkové podlahové plochy,
- dobu platnosti průkazu,
- jméno a identifikační číslo osvědčené osoby oprávněné vypracovat průkaz. [2]

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mírně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

Tabulka 1: Energetické třídy A až G



Obrázek 1: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy a průkazu energetické náročnosti budovy, [3]

A.1.3. Energetický audit (EA)

Jedná se o písemnou zprávu, která obsahuje informace o využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách. Také obsahuje stanovení ekologických, ekonomických a technických návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti, včetně doporučení k realizaci. Energetický audit platí do provedení větší změny budovy nebo energetického hospodářství, pro které byl zpracován. Musí být zpracován energetickým specialistou.

A.1.3.1 Obsah energetického auditu:

- titulní list,
- identifikační údaje,
- popis stávajícího stavu budovy,
- vyhodnocení stávajícího stavu budovy,
- návrh opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,
- výběr optimální varianty,
- doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický audit,
- evidenční list energetického auditu,
- kopii dokladů o vydání oprávnění podle § 10 b zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie.

A.1.4. Energetický posudek (EP)

Jedná se o poměrně jednodušší písemné zpracování návrhu s hodnocením, které je vypracované podle předem zadaných parametrů. Hodnocení energetického posudku je možné zaměřit konkrétním směrem podle zvoleného kritéria. Energetický posudek může zpracovávat pouze energetický specialista. Od 1. 1. 2013 vznikla dle novely zákona č. 406/2000 Sb. povinnost vypracovat energetický posudek současně s průkazem energetické náročnosti budovy. Jedná se o budovy se zdrojem energie s výkonem vyšším než 200 kW a také u projektů snižování energetické náročnosti budov.

A.1.4.1 Obsah energetického posudku:

- titulní list,
- účel zpracování,
- identifikační údaje,
- zjištění energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický posudek,
- doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický posudek,
- evidenční list energetického posudku,
- kopii dokladů o vydání oprávnění podle § 10 b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie. [4]

A.2. Základní členění nízkoenergetických domů

Dle nové směrnice 2010/31/EU, která nahrazuje směrnicí 2002/91/ES by měly být od 31. 12. 2020 všechny nové budovy postaveny, jako budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Po dni 31. 12. 2018 nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci mají být také budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

Zákon 406/2000 Sb. v roce 2000 definoval energetickou bilanci. Jedná se tedy o porovnání budov podle bilančních položek energetické náročnosti. Tento zákon vychází ze směrnice 2002/91/ES, která je nahrazena novou 2010/31/EU.

A.2.1. Budova s téměř nulovou spotřebou (NZEB – Nearly zero – energy buildings)

Požadavek na budovu s téměř nulovou spotřebou vychází ze směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Co konkrétně znamená budova s téměř nulovou spotřebou, nebo velmi nízká spotřeba energie a co největší pokrytí obnovitelnými zdroji, se v každé členské zemi liší. V České republice se touto problematikou zabývá zákon č. 406/200 Sb. o hospodaření energií. Technické parametry této budovy se zabývá vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budovy s pozdější změnou na vyhlášku č. 230/2015 Sb. Cílem této vyhlášky je porovnat a rozdělit všechny druhy budov podle energetické náročnosti do tříd od A do G. Od 1. 1. 2016 až po 1. 1. 2020 musí všechny novostavby odpovídat požadavků, které platí pro budovu s téměř nulovou spotřebou. Definice budovy s téměř nulovou spotřebou uvádí, že se jedná o budovu s „*velmi nízkou energetickou náročností*“. [5] Ve vyhlášce je tento požadavek definován prakticky pouze jedním kritériem. Jedná se o to, že redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla je $f_R = 0,7$. Z toho vyplývají přísnější požadavky na tepelněizolační vlastnosti obálky budovy, kdy pro nové budovy platí $f_R = 0,8$. V případě NZEB se jedná o hodnoty blízké doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 z roku 2011.

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota		
			Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	f_R	-	1	0,8	0,7

Tabulka 2: Parametry a hodnoty referenční budovy

Druhá část definice vyplývá ze zákona, který říká, že spotřeba energie budovy s téměř nulovou spotřebou bude z velké části pokryta z obnovitelných zdrojů. „Dle vyhlášky se jedná o snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu $\Delta e_{p,R}$ v rozpětí 10 – 25 % podle druhu budovy nebo zóny.“ [5] Od roku 2015 je snížení neobnovitelné primární energie $\Delta e_{p,R}$ nutné i pro novostavby a změny dokončených budov.

Parametr	Označení	Jednotky	Druh budovy nebo zóny	Referenční hodnota		
				Dokončená budova a její změna po 1. 1. 2015	Nová budova a po 1. 1. 2015	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovy	$\Delta e_{p,R}$	%	Rodinný dům	3	10	25
		%	Bytový dům	3	10	20
		%	Ostatní budovy	3	8	10

Tabulka 3: Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie pro referenční budovu

„Zjednodušeně budova s téměř nulovou spotřebou energie má kvalitativně přísnější požadavky na obálku budovy, dobře regulované vytápění, větrání i osvětlení, technické systémy pokrývající potřebu energie s vysokou účinností. Budova bude zásobována částečně z obnovitelných zdrojů energie, případně energii produkuje (elektřina, teplo).“ [5]

Hodnocení budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. nemá stanovené požadavky absolutními hodnotami, jako je například měrná potřeba tepla na vytápění. Hodnota požadavku je pro každý objekt odlišná. Používá se hodnocení pomocí tzv. referenční budovy, jedná o porovnání hodnocené budovy s budovou se stejnou geometrií a orientací, ale s normovými vstupními parametry (např. tepelněizolační standard obálky, účinnost systému vytápění apod.) Hodnocená budova nesmí mít spotřebu energie vyšší než referenční budova.

Hodnocení dle referenční budovy je vhodné pro vzájemné porovnání renovací, není však zcela optimální pro novostavby. Důvodem je, že neklade nároky na tvarovou kompaktnost a energetickou hospodárnost. [5]

A.3. Členění budov podle měrné potřeby tepla na vytápění

A.3.1. Nízkoenergetické domy

Hlavní parametry nízkoenergetických domů jsou definovány v ČSN 73 0540-2 a TNI 73 0329. Jedná se o budovy, pro které je charakteristická nízká potřeba tepla na vytápění, která je dosažena optimálním stavebním řešením obálky budovy. Měrná potřeba tepla na vytápění je $E_{A, VYT} \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a průměrný součinitel prostupu tepla nepřevyšuje doporučenou hodnotu z normy, což je $0,75 U_{em,N}$. U těchto domů je doporučená těsnost $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$. V létě nesmí být v obytných místnostech teplota vyšší než 27°C . Tato teplota musí být dodržena bez použití strojního chlazení. Potřeba primární energie se nehodnotí. V dnešní době se novostavby běžně pohybují v těchto hodnotách.

A.3.2. Pasivní domy

Hlavní parametry pasivních domů jsou definovány v ČSN 73 0540-2 z roku 2011. Pro pasivní domy je typická minimální potřeba energie na požadovaný stav vnitřního prostředí a minimální potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na provoz. Těchto požadavků je dosaženo optimálním stavebním řešením a dalšími opatřeními. Jedná se o budovy, jejichž požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění je $E_{A, VYT} \leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, ale doporučuje se $E_{A, VYT} \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Průměrný součinitel prostupu tepla musí být $U_{em} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, ale doporučuje se $U_{em} \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U těchto domů je doporučena těsnost $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Do hodnocení měrné potřeby primární energie patří energetické potřeby pro vytápění, větrání, přípravu teplé vody, pomocnou elektrickou energii, a také strojní chlazení, tedy pokud je použito. Základním předpokladem pasivních domů je, že v letním období není potřeba chladit, z důvodu dostatečných stínících prostředků a vhodného stavebního řešení.

Dále je kladen přísný požadavek na celkovou neprůvzdušnost budovy, která se ověřuje pomocí celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa (h^{-1}). Hodnoty jsou zjištěny experimentálně. Doporučuje se splnění podmínky:

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

$n_{50,N}$ – je doporučená hodnota podle tabulky z normy, [6]

Větrání v budově	$n_{50,N} (h^{-1})$
Přírozené	4,5
Nucené	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění	0,6

Tabulka 4: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (h^{-1})

„Po zohlednění faktoru energetické přeměny pro přepočet na hodnoty primární energie z neobnovitelných zdrojů musí být její hodnota menší nebo rovno 60 kWh/(m².a).“ [6] Je nutné využití takových zdrojů, aby spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů byla co nejnižší.

Primární energie – Jedná se o součet obnovitelné a neobnovitelné primární energie, která neprošla žádnou přeměnou.

A.4. Členění budov používaných v praxi

A.4.1. Energeticky pozitivní dům

Nazývaný rovněž jako plusový dům. Měrná roční bilance spotřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů musí být menší nebo rovna nule, a také energetická produkce převyšuje energetickou spotřebu alespoň o 10 %. To znamená, že dům si vyrobí více energie, než co je schopný sám spotřebovat. Takový dům nepotřebuje dodávat energii z vnějšího prostředí. Energie, která je vyrobená navíc se dodává do veřejných sítí.

A.4.2. Úsporné domy v nulovém či energeticky pozitivním souboru

Z hlediska stavebního řešení by tyto objekty měly splnit stejné požadavky jako pasivní dům. Jedná se o typ objektů, pro které lze provést společná bilance pro celý objekt. Bilance spotřeb a produkce primární energie z neobnovitelných zdrojů by byla pro celý objekt menší nebo rovna nule.

A.4.3. Dům se zvýšenou energetickou nezávislostí

Jedná se o typ objektu, který by měl být schopen, alespoň krátkodobé nezávislosti na vnějších dodávkách energie. Z hlediska stavebních požadavků by měl tento typ objektu splnit požadavky na pasivní domy, nejlépe mít i lepší vlastnosti než pasivní domy. Důležitá a nutná je výroba energie pro provoz.

A.4.4. Dům energeticky nezávislý

Nazývaný rovněž jako soběstačný dům. Požadavky na stavební řešení jsou stejné jako u domu se zvýšenou energetickou nezávislostí. Jedná se o typ objektu, který by měl být schopen dlouhodobé nebo úplné nezávislosti na vnějších dodávkách energie. To znamená, že potřebnou energii si pro svůj provoz vyrobí sám. Tento typ domu se používá tam, kde se nevyskytují obvyklé energetické sítě, např. horská poloha. [7]

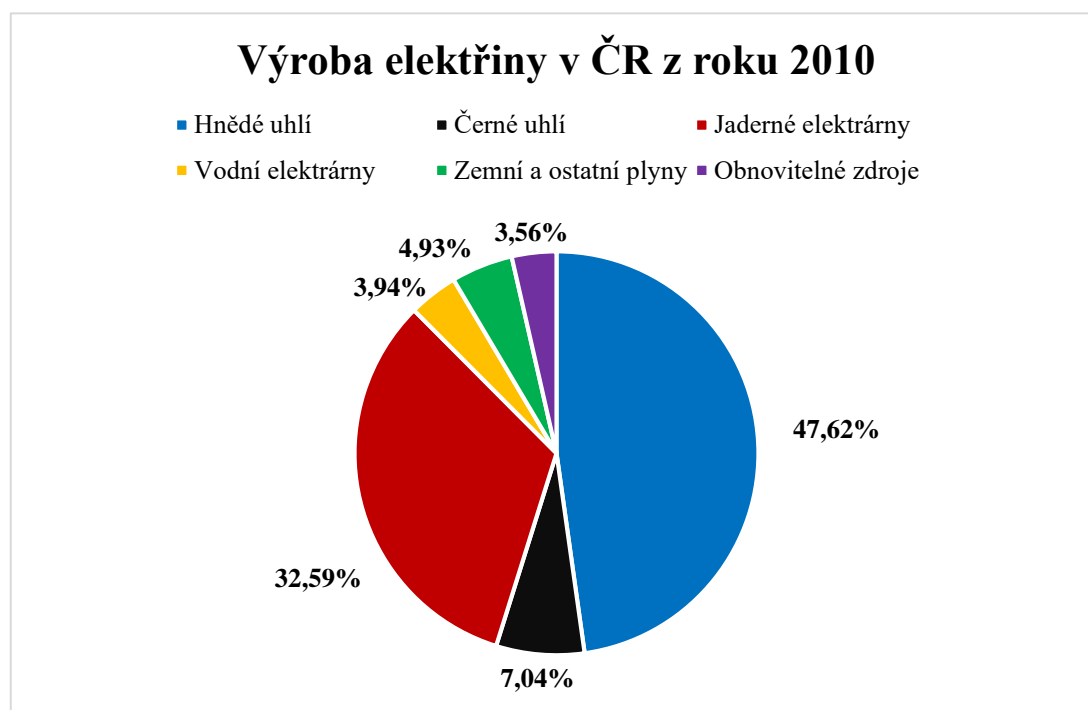
Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší budovy	Až dvojnásobek obvyklé novostavby
Obvyklá novostavba	80 až 140 kWh/(m ² .a)
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/(m ² .a)
Pasivní dům	≤ 15 kWh/(m ² .a)
Nulový dům	< 5 kWh/(m ² .a)

Tabulka 5: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění

A.5. Zdroje energie

Pro život člověka je zdroj energie nezbytný, avšak spotřeba energie stále narůstá. V současné době je většina zdrojů neobnovitelná, nicméně jejich zásoby jsou konečné. Čím dál více se klade důraz na využívání obnovitelných zdrojů energie, které jsou schopny částečné nebo úplné obnovy v poměrně krátkém časovém úseku, na rozdíl od neobnovitelných zdrojů energie. Dne 19. 5. 2010 bylo schváleno přepracování směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov pod označením 2010/31/EU. Nová směrnice ruší a nahrazuje starou směrnici v plném rozsahu a v některých bodech zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Mottem nové směrnice 2010/31/EU je cíl 20-20-20. Což znamená, že do roku 2020 by mělo dojít ke snížení spotřeby energie o 20 %, snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. [8]

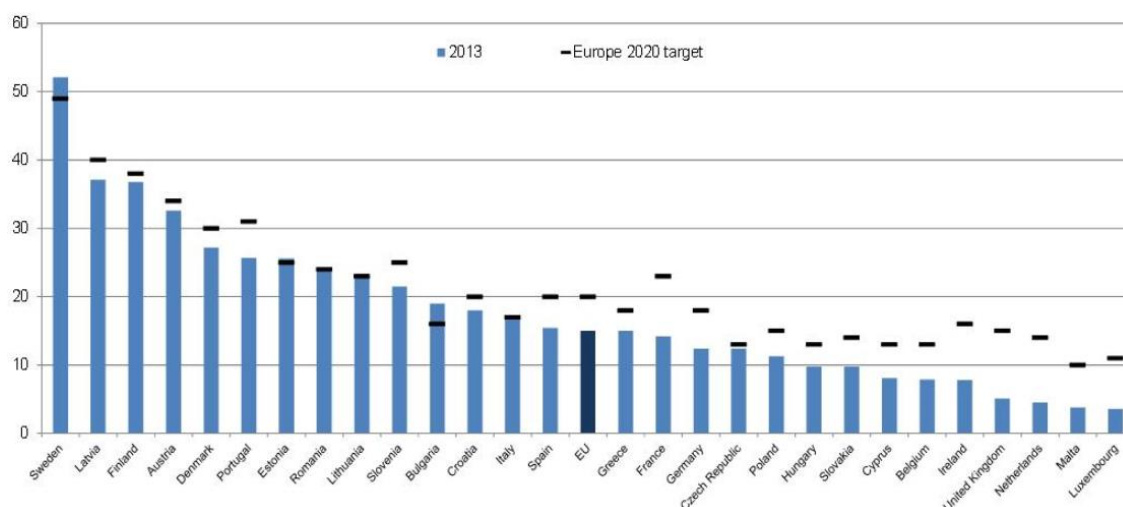
Dne 23. 10. 2014 se Evropská rada dohodla na rámci v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030. Jedná se o potvrzení čtyř důležitých cílů, kterých je třeba dosáhnout do roku 2030. Jedná se o snížení emisí skleníkových plynů nejméně o 40 %, dosáhnout alespoň 27% podílu energie z obnovitelných zdrojů na spotřebu energie, alespoň 27% zlepšení energetické účinnosti a 15% propojení elektrických rozvodných sítí. Tyto cíle jsou uvedeny v porovnání s rokem 1990. [9]



Graf 1: Výroba elektřiny v ČR z roku 2010

Z grafu vyplývá, že pro výrobu elektřiny v ČR v 2010 se nejvíce využívalo hnědé uhlí. Dále pak jaderné elektrárny, černé uhlí, zemní a ostatní plyny, vodní elektrárny a nejméně obnovitelné zdroje, které pokrývaly pouze 3,56 % výroby elektřiny. V současné době se i nadále nejvíce pro výrobu elektřiny používá hnědé uhlí, avšak využití obnovitelných zdrojů stoupá.

Podíl energie z obnovitelných zdrojů ve státech EU, 2013 (v % hrubé konečné spotřeby energie)



Graf 2: Podíl energie z obnovitelných zdrojů ve státech EU z roku 2013, [10]

Z grafu je vidět, jak jednotlivé země plní zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie. Velmi dobře je na tom Švédsko a Bulharsko, které mají podíl energie z obnovitelných zdrojů větší než 20 %. Přesně 20 % splňuje Estonsko, Rumunsko, Litva a Itálie. Nejhůře je na tom Francie, Irsko, Spojené státy americké a Nizozemsko. Česká republika je na tom poměrně dobře. Z tohoto grafu vyplývá, že téměř splňuje požadavek na 20% podíl energie z obnovitelných zdrojů.

Dělení energetických zdrojů

1. Podle místa v procesu přeměny:
 - a. primární (přírodní surová forma),
 - b. sekundární (po energetické přeměně).
2. Podle vyčerpatelnosti:
 - a. obnovitelné (stále se obnovující, nevyčerpatelné),
 - b. neobnovitelné (vyčerpatelné).

A.5.1. Primární zdroje

Přímé využití primárních zdrojů není tak časté. Obvykle dochází k energetické přeměně energie na jinou formu. Mezi primární zdroje energie patří energie slunečního záření, organická paliva (biomasa, fosilní paliva), vodní energie, větrná energie, jaderná paliva, geotermální energie.

A.5.2. Sekundární zdroje

Při každé energetické přeměně primárních zdrojů získáme sekundární (druhotný) zdroj energie. Jedná se o zušlechtěný zdroj energie. K přeměně je používáno zařízení, které spotřebovává energii v celém svém cyklu, což znamená že je nutné vložit energii do získání surovin pro výrobu, proces, a také do jeho likvidace včetně dopravy. [11]

A.5.3. Energetické pravidlo

O přínosném energeticky využívaném zdroji či zařízení hovoříme tehdy, jestliže po dobu své životnosti vyrobí více energie, než bylo vloženo do jeho výroby a spotřebováno při provozu a likvidaci. [7]

A.5.4. Neobnovitelné zdroje

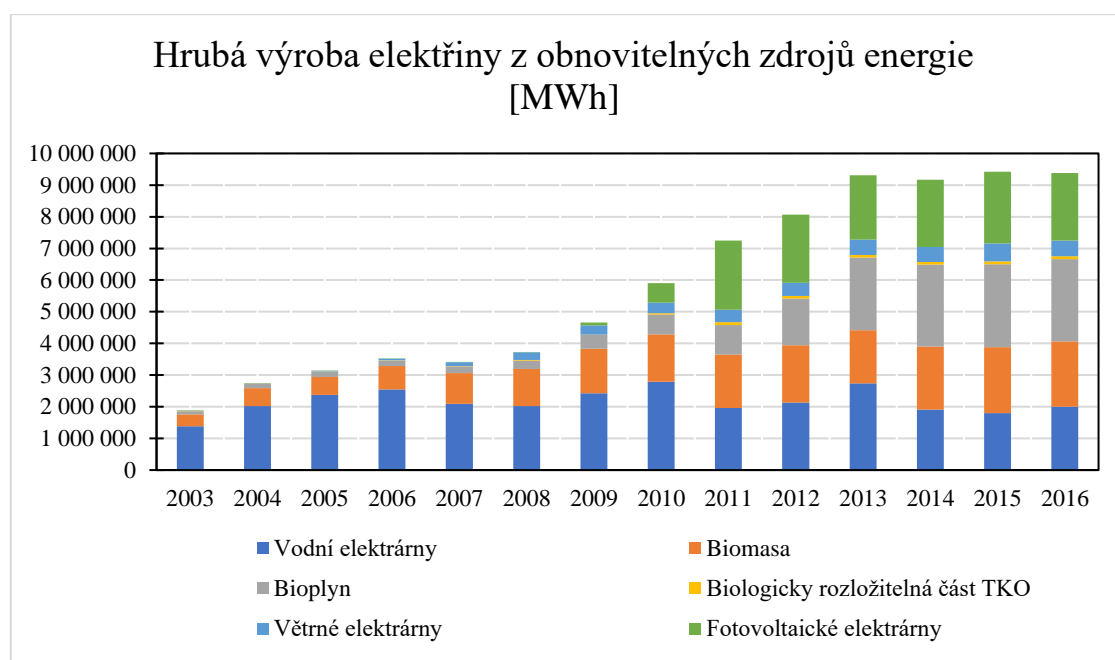
Za neobnovitelné zdroje jsou považované takové zdroje energie, jejichž vyčerpání je sice očekávané, ale až za několik stovek let. Obnovení těchto zdrojů by trvalo mnohem déle, než jejich vyčerpání. Přeměňování energie za využití neobnovitelných zdrojů vede ke zvyšování skleníkových plynů, vodní páry, oxidu uhličitého, oxidu dusného a metanu. Tyto plyny mají za příčinu vznik tzv. skleníkového jevu, který má negativní vliv na rozvoj i kvalitu životní úrovně, a zároveň vedou ke znehodnocení přírody při těžbě i zpracování. V současné době se nejvíce využívají ložiska uhlí, ropy a zemního plynu. Velkou část energetické spotřeby tvoří fosilní paliva.

Zdroj	Problémy s využitím	Výhody
Uhlí	Při spalování vznik CO_2 , únik popílku s obsahem jedovatých látek, přeprava, ničení půdy, nevýhody při těžbě.	Velké zásoby, snadné skladování, přímé využití.
Ropa	Přeprava a skladování spojené s rizikem poškození životního prostředí, nebezpečí vzniku požáru, při hoření vznik SO_2 , CO_2 .	Dostupnost, přímé využití.
Zemní plyn	Nebezpečí požáru, při spalování vznik jedovatých látek SO_2 , havárie plynovodů.	Přímé využití, nejčistší dostupný energetický zdroj.
Jaderná energie	Práce s radioaktivním materiálem, riziko nehod a znečištění životního prostředí.	Za normálního provozu velmi čistý zdroj.

Tabulka 6: Neobnovitelné zdroje energie, [12]

A.5.5. Obnovitelné zdroje energie

Ve snaze o snížení emisního znečištění životního prostředí a zkvalitnění životního prostředí se klade důraz na využívání tzv. obnovitelných zdrojů energie. Obnovitelné zdroje energie jsou schopny částečné nebo úplné obnovy v poměrně krátkém časovém úseku na rozdíl od neobnovitelných zdrojů energie. Obnovitelnými zdroji se dle zákona č. 165/2012 Sb. rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod, energie bioplynu. Využití obnovitelných zdrojů závisí na zeměpisné poloze a klimatických podmínkách. V příznivých polohách lze využít jako zdroj energie mořský příliv nebo geotermální energii. [11]



Graf 3: Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie [MWh]

Jedná se o graf vytvořený dle výsledků statistického zjišťování. Statické hodnoty jsou použity ze stránky ministerstva průmyslu a obchodu. [13]

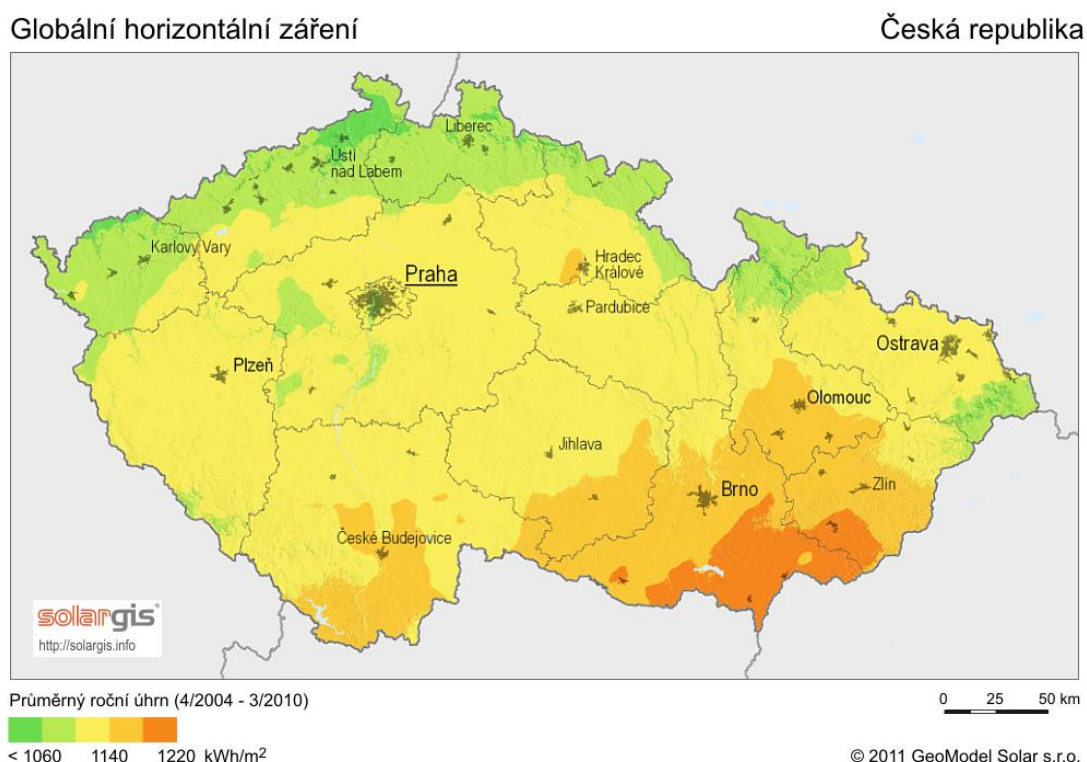
V grafu je znázorněna hrubá výroba elektřiny v [MWh] z obnovitelných zdrojů energie od roku 2003 do roku 2016. Největší podíl výroby elektřiny je z vodních elektráren a nejmenší z biologicky rozložitelné části tuhého komunálního odpadu (TKO). Od roku 2010 došlo k velkému nárůstu výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren a bioplynu.

Zdroj	Problémy s využitím	Výhody
Vodní toky	Protržení hráze přehrady, narušení biologické rovnováhy v krajině.	Nevznikají škodliviny.
Sluneční záření	Vysoké pořizovací náklady slunečních kolektorů.	Nevznikají škodliviny.
Rostlinné a živočišné produkty	Využití půdy pro jiné než zemědělské účely.	Nevznikají škodliviny.

Tabulka 7: Obnovitelné zdroje energie, [12]

A.5.6. Sluneční energie

Sluneční energie patří mezi hlavní obnovitelné zdroje energie. Sluneční energie vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce. Ze Slunce je na Zemi energie předávána ve formě elektromagnetického záření. Tento zdroj energie považujeme za obnovitelný, protože vyčerpání zásob vodíku na Slunci je očekáváno až v řádu miliard let.



Obrázek 2: Horizontální záření v České republice z roku 2011, [14]

Jedná se o globální horizontální záření v České republice, které je pořizeno roku 2011.

A.5.6.1 Solární panely

Solární panely jsou tvořeny solárními, přesněji řečeno termickými a fotovoltaickými články. Solární články neboli sluneční baterie jsou polovodičové prvky, které mění světelnou energii na energii elektrickou. Fotoelektrický efekt vysvětluje vznik volných elektrických nosičů dopadem záření.

Fotoelektrický jev je fyzikální jev, při kterém se elektrony uvolňují z obalu atomu a následně jsou vyzařovány z látky, nejčastěji kovové v důsledku vstřebávání elektromagnetického záření látkou. Vyzařované elektrony jsou označovány jako fotoelektrony. Existuje vnitřní a vnější fotoelektrický jev.

Využití solárních článků je různé od solárních kalkulaček až po energetické zabezpečení horských chat v rozsahu jednotek až desítek kW.

Typy solárních panelů:

- křemíkový solární panel,
- organický solární panel,
- fotovoltaické fólie.



Obrázek 3: Solární panely stojící na zemině v Poličce okres Svitavy, 2018

A.5.7. Vodní energie

Vodní energie je potenciální, kinetická nebo tepelná energie veškerého vodstva na Zemi. Jedná se o druhý nejvyužívanější obnovitelný zdroj energie. Prvním je biomasa. V dnešní době se ve vodních elektrárnách nejvíce využívá přeměny na elektrickou energii. V ČR mezi obnovitelnými zdroji energie dominují vodní elektrárny. V současné době 21 vodních děl vyrobí zhruba 83 % obnovitelné energie. Energie vody nám slouží především k výrobě elektřiny. V ČR vodní elektrárny vyrobí asi 3,5 % elektřiny, až na pár výjimek jsou umístěny na Vltavě. V ČR se nachází 9 velkých vodních elektráren, 1 614 malých vodních elektráren a 3 přečerpávací vodní elektrárny. Mezi ty nejznámější patří Dlouhé Stráně, Dalešice, Orlík a Slapy.

Rozdělení vodních elektráren:

1. Podle instalovaného výkonu:
 - Malé – do 10 MW.
 - Střední – do 100 MW.
 - Velké – nad 1000 MW.
2. Podle využívaného spádu:
 - Nízkotlaké – spád do 20 m.
 - Středotlaké – spád 20 až 100 m.
 - Vysokotlaké – spád nad 100 m.
3. Podle využití vodního toku:
 - Průtočné – jezové a derivační.
 - Akumulační.
 - Přečerpávací.
 - Slapové (přílivové).



Obrázek 4: Vířská přehrada s vodní elektrárnou, 2018

A.5.8. Větrné energie

Jedná se o obnovitelnou energii, která se používá k výrobě elektrické energie pomocí větrných elektráren s využitím proudění větru jako zdroje energie. Pro využití větrné energie je rychlost větru nejdůležitější veličinou. Nejobvyklejším využitím jsou dnes větrné elektrárny, které využívají síly větru k roztočení vrtule. K ní je pak připojen elektrický generátor. V současné době existuje mnoho druhů s vertikální nebo horizontální osou otáčení. Velkou výhodou větrných elektráren je, že není závislá na sluneční energii a ročním období, protože vítr může foukat celý den v každém ročním období. V ČR je v provozu celkem 75 větrných elektráren připojených do elektrizační soustavy, nejsou zde započítány malé elektrárny pro vlastní spotřebu. Největší elektrárnou v ČR jsou Kryštofovy Hamry – Přísečnice.

Rozdělení větrných turbín

1. Podle principu fungování:
 - Odporové.
 - Tlakové.
2. Podle osy otáčení:
 - Horizontální.
 - Vertikální. [15]



Obrázek 5: Větrné elektrárny Svitavy, 2018

A.5.9. Biopaliva

Biopaliva jsou paliva vyrobená z obnovitelných surovin rostlinného původu, z biomasy a biologického odpadu. Představují jeden ze způsobů využití biomasy.



Obrázek 6: Řepka olejná, Nedvězí okres Svitavy, 2017

Výhody:

- pěstování a zpracování na jednom místě (v jedné zemi),
- snížení závislosti na dovozu ropy a zemního plynu ze zahraničí,
- snadno biologicky rozložitelná.

Množství uhlíku obsaženého v biomase, které je při spalování biopaliv vyprodukováno v podobě oxidu uhličitého (CO_2), se zase prostřednictvím fotosyntézy spotřebovává pro růst nových rostlin. Tím dochází k uzavření cyklu. Pokud dojde k úniku biopaliva do vody nebo do půdy, nezpůsobí takové škody jako ropné látky, například benzín a nafta. Biopaliva nepřispívají ke klimatickým změnám. Mezi biopaliva patří bioetanol, bionafta a rostlinné oleje. Při výrobě jsou spotřebovávány zemědělské plodiny, například obilí, kukuřice, řepka, sója. Problémem je vysoká energetická náročnost některých procesů výroby. Pěstování vyžaduje velké množství úrodné půdy, hodně hnojiv a mechanizace. V ČR se v současné době využívají biopaliva tzv. 1 generace, které jsou vyrobeny ze zemědělských plodin.

Biopaliva tzv. 2. generace se vyrábějí z rostlinného odpadu, speciálně pěstovaných energetických rostlin nebo ze zbytků dřeva, sena a slámy. Pro jejich pěstování lze použít málo úrodné půdy. Tento typ biopaliv se v současné době v ČR nevyužívá.

A.5.9.1 Bioetanol

Jedná se o biopalivo, které je vyrobeno alkoholovým kvašením z biomasy. Nejčastěji se vyrábí z cukrové třtiny a řepy. Bioetanol je bezvodý kvasný líh, který lze míchat v různých koncentracích s motorovým benzínem. V současné době můžeme na benzínových stanicích vidět palivo s označením E85, do kterých je bioetanol přimíchán v koncentracích 5 až 10 %. Díky bioetanolu dochází ke snižování oktanového čísla a snižování oxidu uhličitého při spalování. Bioetanol se také vyrábí z kukuřice. Tento druh bioetanolu se používá jako aditivum do motorových benzínů v USA.

A.5.9.2 Bionafta

Jedná se o ekologické palivo pro vznětové motory na bázi nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. V ČR se k výrobě bionafty nejvíce používá řepka olejná, ale na výrobu lze použít jakýkoliv rostlinný olej, například slunečnicový. V současné době se do nafty vyrobené z ropy musí přimíchávat 5 % bionafty.

Výhody	Nevýhody
Velká hustota energie.	Silnější rozpouštědlo než obyčejná nafta.
Nevyžaduje zvláštní podmínky pro uskladnění, kromě betonových zásobníků.	Více poškozuje zdraví.
Vysoká mazací schopnost.	Produkuje více oxidu uhličitého.
Vyráběna z obnovitelných zdrojů.	Malé využití sluneční energie.
Při spalování lépe shoří, snižování kouřivosti, není toxická.	

Tabulka 8: Výhody a nevýhody bionafty

A.5.9.3 Rostlinné oleje

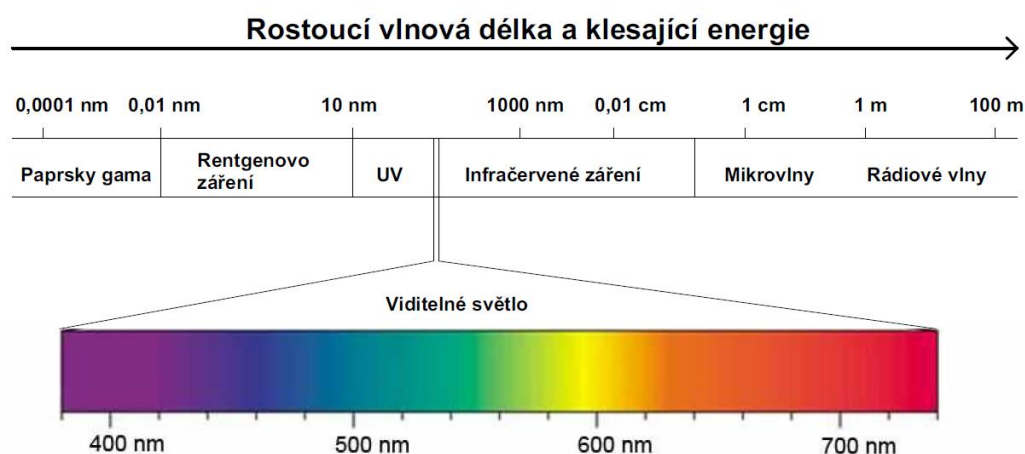
Jako biopaliva se dají použít i oleje, které už byly použity na fritování, ale musí být důkladně vyčištěny. Tento typ biopaliva se nevyužívá ve velkém měřítku, protože při špatném spalování může dojít ke vzniku karcinogenních látek.

A.5.9.4 Bioplyn

Skládá se zejména z metanu a oxidu uhličitého. Bioplyn vzniká především v zemědělských prostředích jako jsou například rýžová pole, skládky hnoje, na skládkách odpadů, v bioplynových stanicích nebo na anaerobních čistírnách odpadních vod. Využívá se zejména k výrobě tepla, elektřiny, k pohonu dopravních prostředků jako jsou vlaky, autobusy nebo automobily. [16]

A.6. Teorie termografie

Elektromagnetické spektrum je rozděleno do několika vlnových pásem na základě vlnových délek. Neexistuje žádný rozdíl mezi jednotlivými pásmy elektromagnetického spektra, protože všechny podléhají stejným zákonům a liší se pouze vlnovými délkami. Termografie začíná pracovat s vlnovým pásmem infračerveného záření. Jeho hranice začíná tam, kde končí viditelné pásmo a končí tam, kde začínají mikrovlnné vlnové délky. Termografie se využívá k hlídání průmyslových procesů v chemickém i hutním průmyslu, ve zdravotnictví a k vyhledávání osob či cílů armádních jednotek.



Obrázek 7: Elektromagnetické spektrum

A.6.1. Termogram

Termogram je obraz pořízený termokamerou. Infračervené záření je pro lidské oko neviditelné, a proto se termografické snímky vizualizují za použití okem viditelných palet, které přiřazují různou barvu různým teplotám. Stejný snímek lze zobrazit v odlišných barevných paletách, a tím umožňuje zviditelnit nebo zdůraznit jiná místa.

A.6.2. Měření termokamerou

Při měření termografickou kamerou nejsme schopni potlačit vliv záření okolních objektů ani záření odražené z povrchu tělesa. Při měření je nutné zvážit vliv atmosféry, která záření mezi objektem a senzorem zeslabuje, a navíc ještě produkuje vlastní záření. Měření termokamerou se může provádět u veškerých druhů budov, jako jsou například cihlové, dřevěné, panelové i plechové budovy. Nezáleží, z jakého materiálu je budova postavena. Měření je založeno na povrchové teplotě daného objektu. Měřením termokamerou získáme tepelněizolační přehled o dané budově. [17]

Termografické měření může odhalit:

- zvýšení tření nebo namáhání materiálů,
- zvýšení elektrického odporu,
- tepelný most,
- netěsnost materiálů, nedostatečnou tepelnou izolaci,
- nehomogenitu materiálu (např. vyšší vlhkost, vznik plísní).

Všechny tyto negativní vlastnosti způsobují změnu povrchové teploty, která je důležitá pro termografické měření.

Podmínky pro správné měření termokamerou:

- rozdíl venkovní a vnitřní teploty alespoň 10 °C, čím větší je rozdíl teplot, tím jsou snímky ostřejší,
- snaha eliminovat jiné zdroje záření,
- důležité je, aby byl objekt vytápěný,
- dobré je mít okna a dveře uzavřena, jinak je na snímcích vidět, jak otvory uniká teplo z interiéru do exteriéru.



Obrázek 8: Termokamera typu FLIR E50

Infračervená kamera měří objektem vyzařované infračervené záření, které je závislé na povrchové teplotě objektu a také emisivitě. V okolí objektu vzniká další záření, které se od objektu odráží. Pro určení přesné teploty je nutné co nejvíce eliminovat různé zdroje radiace. Tato kamera provádí automaticky.

Do kamery je nutné zadat následující parametry objektu:

- emisivitu objektu,
- teplotu odraženého záření,
- vzdálenost od objektu ke kameře,
- relativní vlhkost,
- teplotu atmosféry.

Emisivita

Emisivita je nejdůležitější parametr objektu, který musí být správně určen. „*Jedná se o poměr množství záření emitovaného objektem a záření dokonalého černého tělesa stejné teploty.*“ [18] Emisivita běžných materiálů a jejich upravených povrchů se nachází v rozsahu od 0,1 do 0,95. Například zrcadlo, které patří do silně vyleštěného povrchu má nižší emisivitu než 0,1. Olejové barvy mají emisivitu větší než 0,9 bez ohledu na barvu. Liská pokožka má emisivitu 0,97 – 0,98. Emisivita kovů je nízká a zvětšuje se pouze s teplotou. [18]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renata Bidmonová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

BRNO 2018

B.1. Analýza energetických potřeb a toků budovy

Dle vyhlášky 78/2013 Sb. do průkazu energetické náročnosti budovy (PENB) vstupují energetické systémy. Jedná se o energii pro potřebu systému vytápění, chlazení, mechanického větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení včetně pomocných energií. Součet těchto dílčích dodaných energií vyjadřuje celkovou roční dodanou energii v [GJ]. [1]

Celková roční dodaná energie se stanoví dle vztahu:

$$EP = Q_{fuel,tot} = EPH + EPC + EPF + EPW + EPL - EPPV - EPCHP \quad [GJ]$$

Kde $Q_{fuel,tot}$ – celková roční energie obsažená zásobujících budovu v [GJ],

EP_H – roční dodaná energie na vytápění, včetně pomocné energie na provoz v [GJ],

EP_C – roční dodaná energie na chlazení, včetně pomocné energie na provoz v [GJ],

EP_F – roční dodaná energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu, včetně pomocné energie na provoz v [GJ],

EP_W – roční dodaná energie na přípravu teplé vody, včetně pomocné energie na provoz v [GJ],

EP_L – roční dodaná energie na osvětlení v [GJ],

EP_{PV} – roční produkce energie fotovoltaickým systémem v [GJ],

EP_{CHP} – roční produkce energie systémem kombinované výroby elektřiny a tepla v [GJ]. [19]

B.2. Stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí

Vhodným stavebním řešením dochází k efektivnímu snížení energetické náročnosti budovy. Podstatnou roli v energetickém hodnocení budovy hraje klimatická oblast, ve které se daná budova nachází. Dále také orientace ke světovým stranám, kde orientace prosklených ploch k jižní straně je velmi důležitá. Velmi důležité je také umístění slunečního stínění, aby v letních měsících nedocházelo k přehřívání. Obalové konstrukce a jejich tepelně technické vlastnosti výrazně ovlivňují výslednou energetickou náročnost budovy. Zamezení vzniku tepelně technických vad a poruch docílíme dodržáním požadavků tepelně technických vlastností obalových konstrukcí budovy dané normou ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov. Zohledňující prostup tepla obálkou, šíření tepla, vzduchu a vlhkosti konstrukce.

B.2.1. Šíření tepla konstrukcí

Šíření tepla je tepelný jev, při kterém se teplo šíří z místa s větší teplotou do místa s nižší teplotou. Jedná se o přenos tepelné energie skrz obalové konstrukce z interiéru do exteriéru. Dá se stanovit pomocí dvou veličit, jedná se o nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce a součinitel prostupu tepla.

B.2.2. Šíření vlhkosti konstrukcí

Množství zkondenzované a vypařené vodní páry uvnitř konstrukce je nutné posoudit u obvodových plášťů. Pohyb molekul vodní páry v konstrukcích se děje na základě vyrovnání parciálních tlaků. V zimním období je v interiéru vyšší teplota i parciální tlak než v exteriéru, proto dochází k difúzi nenasycených vodních par. V místech, kde se sníží teplota par na teplotu jejího nasycení, změní se pára na vodu. Kondenzát se může vsáknout do konstrukce, odtéct nebo se odpařit. Odpařováním kondenzát odebírá teplo z okolí a tím dochází k ochlazování konstrukce. Při odtékání se rozpouští některé materiály a dochází k zabarvování povrchu konstrukce. Při vsakování se mění rozměry prvků a zhoršují tepelněizolační vlastnosti materiálů. Stavba je odolná vůči kondenzaci vody, jestliže tyto uvedené efekty nemění funkci stavby.

Pokud kondenzát ohrozí funkci konstrukce, tak vůbec nesmí dojít ke kondenzaci.

$$M_c = 0 \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$$

V ostatních případech musí být množství zkondenzované vodní páry v celoroční bilanci menší než množství vypařené vodní páry.

$$M_c < M_{ev} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$$

Kde M_{ev} – množství vypařené vodní páry v celoroční bilanci v $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$.

Celkové množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce musí splňovat podmínku:

$$M_C \leq M_{C,N} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$$

Kde $M_{C,N}$ – maximální množství zkondenzované vodní páry v celoroční bilanci v $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$.

B.2.3. Šíření vzduchu konstrukcí

Při posuzování šíření vzduchu konstrukcí uvnitř obvodového pláště budovy je nejdůležitější průvzdušnost. Průvzdušnost určujeme pro funkční spáry výplně otvorů a lehkých obvodových plášťů. Také pro spáry a netěsnosti ostatních konstrukcí obálky budovy a pro celou obálku budovy.

Součinitel spárové průvzdušnosti funkčních spár i_{LV} u výplní otvorů a lehkých obvodových plášťů musí splňovat podmínku:

$$i_{LV} \leq i_{LV,N} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$$

Kde $i_{LV,N}$ – požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti.

Funkční spára ve výplni otvoru		Hodnota součinitele spárové průvzdušnosti i_{LV}	
		Budova s přirozeným větráním	Budova s nuceným větráním
Vstupní dveře do zádveří budovy při celkové výšce nadzemní části budovy do 8 m včetně		$1,6 \cdot 10^{-4}$	$0,87 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vstupní dveře do budovy a dveře oddělující ostatní ucelené části budovy		$0,87 \cdot 10^{-4}$	$0,30 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vnější výplně otvorů při celkové výšce nadzemní části budovy	do 8 m včetně	$0,87 \cdot 10^{-4}$	$0,10 \cdot 10^{-4}$
	nad 8 m, do 20 m	$0,60 \cdot 10^{-4}$	
	nad 20 m, do 30 m	$0,30 \cdot 10^{-4}$	
	nad 30 m	$0,10 \cdot 10^{-4}$	
Lehký obvodový plášť včetně oken a dveří		$0,05 \cdot 10^{-4}$	$0,05 \cdot 10^{-4}$

Tabulka 9: Požadované hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti

B.2.4. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce Θ_{si} [°C] je vhodné hodnotit v poměrném tvaru jako teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} . Faktor vnitřního povrchu je vlastnost konstrukce nebo styku konstrukcí, která nezávisí na teplotách přilehlých prostředí.

Teplotní faktor se stanoví dle vztahu:

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_{ai} - \Theta_e} = 1 - \xi_{Rsi} \quad [-]$$

Kde f_{Rsi} – teplotní faktor [-],

Θ_{si} – nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce ve [°C],

Θ_e – návrhová teplota vnějšího vzduchu ve [°C],

Θ_{ai} – návrhová teplota vnitřního vzduchu ve [°C],

ξ_{Rsi} – poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu [-].

V zimním období musí konstrukce nebo styky konstrukcí uvnitř budovy s relativní vlhkostí vzduchu $\phi \leq 60$ % splňovat podmínku, kdy teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} nesmí přesáhnout požadovanou hodnotu.

$$f_{Rsi} \leq f_{Rsi,N} \quad [-]$$

Kde $f_{Rsi,N}$ – požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-].

B.2.5. Stanovení součinitelů prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukce společně s tepelným odporem jsou základními veličinami určující tepelněizolační vlastnosti stavebních konstrukcí.

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje množství tepla ve wattech, které projde přes plochu 1 m² stavební konstrukce při rozdílu teplot před a za konstrukcí 1 K. Jednotka součinitele prostupu tepla je [W/(m².K)].

Výpočet dle vztahu:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_1^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

Kde α_i – součinitel přestupu tepla na vnitřní straně ve [W/(m².K)],

α_e – součinitel přestupu tepla na vnější straně ve [W/(m².K)],

R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně v [W/(m².K)],

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně v [(m².K)/W],

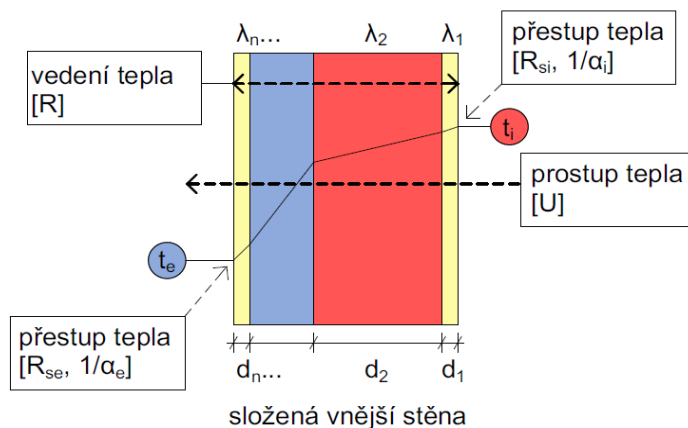
R_T – celkový tepelný odpor při prostupu tepla v [(m².K)/W],

U – součinitel prostupu tepla ve $[W/(m^2 \cdot K)]$,

d – tloušťka materiálu v $[m]$,

λ – součinitel tepelné vodivosti ve $[W/(m \cdot K)]$.

Prostup tepla přes složenou vnější stěnu v zimním období



Obrázek 9: Postup tepla přes složenou vnější stěnu v zimním období

Součinitel prostupu tepla a celkový tepelný odpor při prostupu tepla vyjadřují prostup tepla celou konstrukcí, včetně tepelných mostů a jiných zdrojů navýšení tepelných toků v konstrukci. Vliv tepelných mostů lze zanedbat, jestliže jejich společné působení je menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů. Celkový součinitel prostupu tepla lze zpřesnit součinitelem prostupu tepla se zahrnutím vlivů vzduchové vrstvy nebo přímého styku tepelné izolace se srážkovou vodou.

Výpočet dle vztahu:

$$U_C = U + \Sigma \Delta U \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Kde U – součinitel prostupu tepla ve $[W/(m^2 \cdot K)]$,

$\Sigma \Delta U$ – celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem netěsností, mezer v tepelných izolacích a vlivem přímého styku tepelné izolace se srážkovou vodou ve $[W/(m^2 \cdot K)]$.

S celkovým součinitelem prostupu tepla U_C se v dalších výpočtech pracuje, jako se součinitelem prostupu tepla U .

Součinitel prostupu tepla musí splňovat požadavky dle aktuální normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov z roku 2011. Jedná se o splnění podmínky zajišťující požadovaný součinitel prostupu tepla. Tedy součinitel prostupu tepla U musí být menší nebo roven požadované hodnotě součinitele prostupu tepla, které jsou uvedeny v příloze P1 normy ČSN 73 0540-2: 2011. [20]

$$U \leq U_{N,20}$$

Kde U – součinitel prostupu tepla ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

$U_{N,20}$ – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$.

V normě ČSN 73 0540-2: 2011 jsou také uvedeny doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla a také doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{\text{pas},20}$, které však nemusí být nutně splněny.

$$U \leq U_{\text{rec},20}$$

Kde U – součinitel prostupu tepla v $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

$U_{\text{rec},20}$ – doporučená hodnota součinitele prostupu tepla v $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$.

B.2.6. Prostup tepla obálkou

Z celkových energetických vlastností budovy se stanovuje průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} .

Výpočet dle vztahu:

$$U_{\text{em}} = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$$

Kde U_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

A – plocha obálky budovy v $[\text{m}^2]$,

H_T – měrná ztráta prostupem tepla stanovená ze součinitelů prostupu tepla všech, teplotoměrých konstrukcí, které tvoří obálku budovy ve $[\text{W}/\text{K}]$.

$$H_T = \sum U_{\text{em}} * A_n \quad [\text{W}/\text{K}]$$

Průměrný součinitel prostupu tepla musí splňovat podmínku:

$$U_{\text{em}} \leq U_{\text{em},N}$$

Kde $U_{\text{em},N}$ – požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$.
[20]

B.3. Návrh úsporných opatření pro snížení energetické náročnosti

Vhodným stavebním řešením dochází k efektivnímu snížení energetické náročnosti budovy. Špatným návrhem může docházet ke spotřebování více energií, než je potřeba při vhodném návrhu.

B.3.1. Zateplení

Nejběžnější řešení je zateplení jednotlivých konstrukcí budovy. Při návrhu zateplení se vychází z normy ČSN 73 0540, ve které jsou uvedené požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Vzorec pro součinitel prostupu tepla se využívá pro výpočet tloušťky tepelné izolace.

$$d = \lambda * \left(\frac{1}{U_{n,20}} - R_{si} - R - R_{se} \right) \quad [\text{mm}]$$

Kde R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně v $[(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}]$,

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně v $[(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}]$,

R – tepelný odpor konstrukce v $[(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}]$,

d – tloušťka materiálu v $[\text{m}]$,

λ – součinitel tepelné vodivosti ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

$U_{N,20}$ – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$.

B.3.2. Výměna oken

Další velmi časté řešení je výměna starých oken za nové. Starými okny uniká okolo 35 až 40 % tepla z interiéru do exteriéru.

Součinitel prostupu tepla okny se stanoví dle vztahu:

$$U_W = \frac{U_f * A_f + U_g * A_g + \psi_g * l_g}{A_f + A_g} \quad [\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$$

Kde U_f – součinitel prostupu tepla rámem okna ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

A_f – plocha rámu v $[\text{m}^2]$,

U_g – součinitel prostupu tepla zasklením ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

A_g – plocha zasklení v $[\text{m}^2]$,

ψ_g – lineární činitel prostupu tepla zasklení ve $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$,

l_g – celkový viditelný odvod zasklení okna v $[\text{m}]$.

B.3.3. Energeticky úsporná svítidla

Jedná se o výměnu klasických starých žárovek za nízkoenergetická úsporná svítidla nejlépe typu LED. Průměrná cena elektřiny z roku 2012 je 4,54 Kč/kWh. [21]

	Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Kompaktní a úsporná žárovka	LED žárovka
Spotřeba	60 W	52 W	12 W	9 W
Životnost	1 rok	2 roky	12 let	25 let
Cena žárovky za 25 let	250 Kč	600 Kč	270 Kč	500 Kč
Náklady na elektřinu za 25 let	6 810 Kč	5 902 Kč	1 643 Kč	1 232 Kč
Celkové náklady za 25 let	7 060 Kč	6 502 Kč	1 913 Kč	1 732 Kč

Tabulka 10: Srovnání spotřeby jednotlivých zdrojů světla

B.3.4. Rekonstrukce vytápění a přípravy teplé vody

Velmi významné snížení energie můžeme také docílit výměnou starého kotle za nový s vyšší účinností. Stejně tak zásobník na přípravu teplé vody, který se navrhuje dle normy ČSN 06 0320.

B.3.5. Solární panely pro přípravu teplé vody

Solární panely jsou vhodné použít jako doplněk pro přípravu teplé vody. Snahou je, aby solární panely zajišťovaly alespoň 50 % spotřeby energie pro přípravu teplé vody.

B.4. Vyhodnocení

B.4.1. Ekonomické vyhodnocení

Výběr optimální varianty se provede podle výsledků ekonomického vyhodnocení v [tis. Kč/rok] s ohledem na velikost úspory energie v [GJ/rok], nebo ekologického vyhodnocení. Dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku je pevně stanovená doba návratnosti 20 let. Nově se také počítá s růstem cen energií meziročně o 3 %.

Hlavní kritéria pro ekonomické vyhodnocení jsou:

- a) výsledky ekonomického vyhodnocení s ohledem na velikost úspory energie,
- b) výsledky ekologického vyhodnocení.

Ukazatelé návratnosti:

a) Prostá doba návratnosti

Jedná se o nejjednodušší a rychlý výpočet návratnosti. Nevýhodou je, že je pouze orientační, protože není tak přesná.

$$Ts = \frac{IN}{CF} \quad [\text{roky}]$$

Kde T_s – doba návratnosti,

CF – roční úspora nákladů,

IN – počáteční investice.

b) Reálná doba návratnosti

Nám ukazuje za jak dlouho se naše investice vrátí i s ohledem na úrokovou míru.

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN = 0 \quad [\text{roky}]$$

Kde T_{sd} – reálná doba návratnosti,

IN – počáteční investice,

CF_t – roční přínosy projektu,

r – diskont,

$(1+r)^{-t}$ – odúročitel.

c) Čistá současná hodnota

Jedná se o jedno z nejvhodnějších a nepoužívanějších kritérií pro ekonomické vyhodnocení. Jedná se o součet všech budoucích ročních úspor zmenšený o počáteční investici.

NPV kladná – investice se vyplatí,

NPV záporná – investice se nevyplatí,

NPV = 0 – investice podniku nic nepřinese.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN = 0 \quad [\text{tis. Kč/r}]$$

Kde NPV – čistá současná hodnota,

IN – počáteční investice,

T_z – doba živostnosti (hodnocení) projektu,

CF_t – roční přínosy projektu,

r – diskont,

$(1+r)^{-t}$ – odúročitel.

d) Vnitřní výnosové riziko

Jedná se o úrokovou míru, při níž se bude čistá současná hodnota budoucích úspor rovnat investici během doby hodnocení. Jedná se o diskontní sazbu, kdy se NPV = 0.

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \quad [\%]$$

Kde IRR – vnitřní výnosové procento,

IN – počáteční investice,

T_z – doba živostnosti (hodnocení) projektu,

CF_t – roční přínosy projektu,

$(1+r)^{-t}$ – odúročitel.

e) Koeficient čisté současné hodnoty

Jedná se o poměr čisté současné hodnoty ku celkové hodnotě investic. Čím vyšší tento koeficient je, tím je projekt ziskovější.

$$NPVQ = \frac{NPV}{I_o}$$

Kde NPVQ – koeficient čisté současné hodnoty,

NPV – čistá současná hodnota,

I_o – celková hodnota investic.

B.4.2. Ekologické vyhodnocení

Ekologické vyhodnocení se vždy provádí metodou globálního hodnocení. Metodou lokálního hodnocení pouze dle požadavku zadavatele.

Lokální hodnocení je prováděno na bázi změn produkce znečišťujících látek ze zdrojů v dané lokalitě, ve které se provádí vyhodnocení.

Globální hodnocení se provádí na základě celospolečenského pohledu. Při změně dodávek energie, která je vyráběna na jiném místě, jsou do výpočtu zahrnuty emisní faktory, které vycházejí z konkrétních nebo průměrných údajů o produkovaných znečišťujících látkách.

1. Výpočet emisí znečišťujících látek

Množství emisí znečišťujících látek se vypočítá ze součinu měrné výrobní emise a příslušné veličiny za rok.

2. Výpočet emisí CO₂

Emisní faktory uhlíku uvádí množství uhlíku, přesněji oxidu uhličitého, které se vztahuje na jednotku energie ve spalovaném palivu. Emisní faktory uhlíku jsou definovány jako všeobecné nebo místně specifické.

a) Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého

Palivo nebo energie		kg/GJ
pevná paliva	černé uhlí	92,4
	hnědé uhlí	99,1
	jiné pevné palivo	94,1
	koks	107
	proplástek	94,1
kapalná paliva	těžký topný olej	77,4
	jiná kapalná paliva	76,6
	TOEL	73,3
	benzín	69,2
	plynový olej	73,3
plynná paliva	zemní plyn	55,4
	koksárenský plyn	44,4
	propan – butan	65,9
	vysokopecní plyn	240,6
	jiné plynné palivo	54,7
elektřina	elektřina	281
biomasa		0

Tabulka 11: Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého

b) Místně specifické emisní faktory oxidu uhličitého

Výpočet emisí CO₂ ze spalování fosilních paliv

Hmotnost paliva * výhřevnost paliva * emisní faktor uhlíku * (1 – nedopal)

Emisní faktor uhlíku [kg CO₂/GJ výhřevnosti paliva]

Je stanovený podle složení místního paliva.

Doporučené hodnoty pro nedopal [4]

0,02	Tuhá paliva
0,05	Kamna
0,01	Kapalná paliva
0,005	Plynná paliva

Tabulka 12: Doporučené hodnoty pro nedopal



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C. PROJEKT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renata Bidmonová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

BRNO 2018

C.1. Analýza průkazu energetické náročnosti budovy

C.1.1. Obecné informace daného objektu

Objekt: Bytový dům v Brně

Ulice Kounicova 632/89, 602 00 Brno

K.Ú. Žabovřesky, č.p. 2733

Vlastník: Kounicova 89, Brno – společenství vlastníků bytových jednotek

Ulice Kounicova 632/89, 602 00 Brno

K.Ú. Žabovřesky, č.p. 2733

IČ: 262 64 595

C.1.2. Popis stávajícího stavu objektu

Bytový dům byl vystavěn kolem roku 1930 jako řadový dům s plochou střechou. Přibližně kolem roku 1955 byl opatřen novou sedlovou střechou se zachováním původního střešního pláště ploché střechy.

Půdorysný tvar: obdélník

Základní rozměry: (délka x šířka) = 24,6 m x 12,13 m

Výška fasády ze strany chodníku (od chodníku k římse): 19,5 m

Výška fasády ze strany dvora (od chodníku k římse): 20,05 m

Požární výška: $h_p = 16,26$ m

Terén je v obou směrech rovinný.

Hlavní vstup do objektu je z přilehlého uličního chodníku, který navazuje na příjezdovou komunikaci. Vedlejší vstup do objektu je z druhé strany ze dvora. V objektu se nachází samostatné vnitřní schodiště a osobní výtah, který spojuje všechna nadzemní podlaží.

Bytový dům se skládá celkem z 6 podlaží, z toho 5 nadzemních podlaží (NP) a jedno podzemní podlaží (PP). Podzemní podlaží je přístupné hlavním i vedlejším vstupem, nachází se částečně pod terénem a obsahuje technické a skladové zázemí domu. Nadzemní podlaží obsahují byty se zapuštěnými lodžiemi. Střecha je sedlová s valbou a štítem navazující na sousední bytové domy stejného typu. Odvodnění střešních ploch je vně objektu.

Provozní uspořádání jednotlivých pater:

1. PP: sklepní kóje, místnosti původních prádel a sušáren

1. NP – 5. NP: na každém patře 4x byt 3+KK s lodžií

Podkroví: volný půdní prostor se strojovnou výtahu

Bytový dům je napojený na veřejné inženýrské sítě pomocí přípojek, konkrétně se jedná o kanalizaci, plyn, vodovod a elektrickou energii NN.

Nosné konstrukce jsou vytvořeny jako podélný dvoutrakt s nosnými obvodovými zdmi a středovou zdí v kombinaci s nosným vnitřním příčným schodišťovým zdivem. Zdivo je z plných pálených cihel (CPP) na vápenocementovou maltu.

Tloušťky zdiva:

1. PP tloušťka obvodové a středové zdivo 750 mm, štít 450 mm
1. NP tloušťka obvodové a středové zdivo 600 mm, štít 450 mm
2. NP tloušťka obvodové a středové zdivo 600 mm, štít 450 mm
3. NP tloušťka obvodové a středové zdivo 450 mm, štít 450 mm
4. NP tloušťka obvodové a středové zdivo 450 mm, štít 450 mm
5. NP tloušťka obvodové a středové zdivo 450 mm, štít 450 mm

C.1.3. Lokalita

Bytový dům na ulici Kounicova v Brně je umístěn v katastrálním území Žabovřesky na vlastní parcele číslo 2733. Nachází se v sídlištní řadové zástavbě zděných domů stejného typu.



Obrázek 10: Lokalita daného objektu

C.1.4. Fotografie stávajícího stavu objektu

Západní pohled (fasáda objektu ze strany přilehlého uličního chodníku)



Obrázek 11: Západní pohled

Jihozápadní pohled (fasáda objektu boční a ze strany přilehlého uličního chodníku)



Obrázek 12: Jihozápadní pohled

Východní pohled (fasáda objektu ze dvora)



Obrázek 13: Východní pohled 1

Východní pohled (fasáda objektu ze dvora)



Obrázek 14: Východní pohled 2

C.2. Popis jednotlivých stavebních částí

C.2.1.1 Založení stavby

Stavba nevykazuje žádné statické poruchy, které by vznikly v důsledku špatného založení stavby. Zdivo v suterénu, které přiléhá k upravenému terénu, je mírně až středně navlhle vzlínající zemní vlhkostí a nedokonalým odtokem dešťové vody, dříve i splaškovou kanalizací. Vnitřní omítky v suterénu jsou zpuchřelé, na většině míst jsou původní omítky odstraněny a nahrazeny difúzní malbou do výšky 1 400 – 2 100 mm. Podlahy jsou původní z betonové mazaniny, na většině místech porušené.

C.2.1.2 Obvodový plášť

Původní fasáda je cementová škrábaná, opatřená nevhodnými fasádními nátěry. Omítka je zvětralá, fasádní nátěry jsou zpuchřelé a oprýskané.

Skladba obvodové cihelné stěny:

- původní omítky cementová škrábaná 25 mm,
- cihla CPP na vápenocementovou maltu 750 až 450 mm,
- vnitřní omítky hladká vápenocementová 15 mm.

C.2.1.3 Sokl

Stávající sokl je opatřen provětrávacím obkladem pravděpodobně z desek Cetris na ocelovém roštu, jedná se o konstrukci od terénu do výšky parapetu sklepních oken. Větrací otvory jsou ve spodní i horní řadě s plastovými vyústkami. Stávající stav úpravy soklu je nedostatečný pro odvod srážkových vod od objektu. K soklu přiléhá od uliční fasády uliční chodník z betonové dlažby (300/300/40 mm) a od dvorní a štítové fasády neupravený terén (zatravnění). U vstupu ze dvora se nachází vstupní betonová podesta s opěrnými zdmi a schodištěm. Vstupní betonová podesta s dvorní vpustí, opěrnými zdmi a venkovním schodištěm je ve špatném technickém stavu. Povrch z betonové mazaniny je porušen.

Skladba stropu nad 1.PP:

- parketové vlysy (PVC, KD) lepidlo 20 mm,
- cementový potěr,
- asfaltový pás A 400 H,
- škvára 50 mm,
- železobetonový trámový strop 140 mm,
- vnitřní omítky hladká cementová 10 mm.

C.2.1.4 Stop nad 5. NP (podlaha půdy)

Stávající podlaha půdy (podkroví) se nachází v místech původní ploché střechy. Jedná se o cementový potěr s asfaltovými pásy.

Skladba stropu nad 5.NP:

- původní asfaltové pásy 100 mm,
- škvárobeton zatřený,
- asfaltový pás A 400 H,
- škvára 80 mm,
- železobetonový trámový strop 140 mm,
- vnitřní omítka hladká cementová na podhledu 40 mm.

C.2.1.5 Střecha

Nad bytovým domem se nachází sedlová střecha s valbou a štítem navazující na sousední objekt stejného profilu. Konstrukce střechy je dřevěná, tesařsky vázaná. Skládá se ze stojaté stolice s krokviemi na středních vaznicích a pozednicích. Krytina střechy je keramická skládaná Bobrovka na hustém laťování. Klempířské prvky jsou původně z pozinkovaného plechu. Otvory střešního pláště jsou původně otvory od těles zděných komínů, odvětrávání kanalizace a zastřešení strojovny výtahu. Odvodnění střešních rovin je vně budovy do střešních podokapních žlabů a svodů. Na střeše je instalován původní rozvod hromosvodu. Ve střešní rovině se nacházejí původní střešní výlezová okna.

Skladba střešního pláště:

- keramická skládaná krytina Bobrovka,
- latě dřevěné 50/35 mm na husto,
- krokve dřevěné 100/160 mm.

C.2.1.6 Klempířské prvky

Původní klempířské prvky jsou z pozinkovaného plechu. Jedná se o venkovní parapety oken, oplechování zídek lodžii, žlaby podokapní, svody těsnění, oplechování prvků na střeše jako jsou například komíny, odvětrání kanalizace, střešní okna.

C.2.1.7 Zámečnické práce a výrobky

Původní mříže sklepních oken jsou z ocelových tyčí.

C.2.1.8 Vyústky odtahu spalin

Na fasádě jsou vyústky odtahu spalin z lokálních plynových spotřebičů, průměr 150 mm.

C.2.1.9 Hromosvody

Stávající hromosvody jsou funkční. [22]

C.2.1.10 Výplně otvorů

Bytový dům má v současné době okna a balkónové dveře vyměněna za nová okna s izolačním dvojsklem v plastovém rámu. Vstupní dveře u hlavního i vedlejšího vstupu jsou nové plastové s izolačním dvojsklem. Okna do společných prostor 1. PP jsou původní dřevěná s jedním sklem, která nejsou dostatečně těsná.

C.2.1.11 Lodžie

V každém patře se nachází jedna lodžie, která je oddělena příčkou na dvě části. Ke každému bytu náleží jedna část lodžie. Lodžie se nacházejí na západní i východní straně fasády.

Na západní fasádě (fasáda objektu ze strany přilehlého uličního chodníku) v 1. NP, 2. NP a 4. NP se nacházejí lodžie, které jsou zasklené pouze do poloviny svojí délky. Ostatní lodžie ve 3. NP a 5. NP obsahují pouze 2 okna, na každé straně jedno.

Na východní fasádě (fasáda objektu ze dvora) se nacházejí dvě lodžie, které jsou zcela zasklené. Jedná se o lodžii v 1. NP a 4. NP. Lodžie ve 3. NP a 5. NP jsou zasklené pouze do poloviny svojí délky. Lodžie ve 2. NP obsahuje pouze 2 okna, na každé straně jedno. Jedná se o nově provedená okna s izolačním dvojsklem v plastovém rámu.

Lodžie mají velmi špatné tepelně technické vlastnosti, což jsem zjistila z termografického měření. Při tomto měření bylo zřejmé, že přes stěny lodžie dochází k velkému úniku tepla z interiéru do exteriéru. Nejlepším řešením by bylo tyto konstrukce zateplit.

C.2.1.12 Fasáda

Stavba nevykazuje žádné statické poruchy, které by vznikly v důsledku špatného založení stavby. Zdivo v suterénu, které přiléhá k upravenému terénu, je mírně až středně navlhle vzlínající zemní vlhkostí a nedokonalým odtokem dešťové vody, dříve i splaškovou kanalizací.

Původní fasáda je cementová škrábaná, opatřená nevhodnými fasádními nátěry. Omítka je zvětralá, fasádní nátěry jsou zpuchřelé a oprýskané. Fasáda je na některých místech popraskaná a odloupaná. Na východní fasádě (fasáda objektu ze dvora) na horní hraně je vidět skvrna od zatékání, kde se odlupuje omítka. Ve fasádě se nacházejí kovové vyústky od plynového vytápění typu WAF.

C.3. Energetické systémy stávajícího stavu objektu

C.3.1.1 Elektrická energie

Přívod pro celý objekt je kabelem AYKY 4x20 mm² veden z HDS u vstupu ve fasádě, kde je odjištěn nožovými pojistkami 3x80A, a rozvaděčem REI na chodbě v 1. NP. V REI se nachází hlavní jistič typu OEZ BA 51-33-50 pro celý dům. V domě jsou instalovány celkem 3 elektroměrové rozvaděče. Nachází se v 1. NP, kde se také nachází měření výtahu a společné spotřeby, dále se nachází ve 2. NP a 3. NP. Byty, které se nachází ve 3. NP a výše, mají elektroměry a pojistky v rozvodní skříni ve 2. NP. Rozvody jsou kabely z Al a Cu. Rozvody jsou vedeny po povrchu, ve zdi nebo v lištách. V prádelně jsou dvě zásuvky vyvedené ze světelného okruhu.



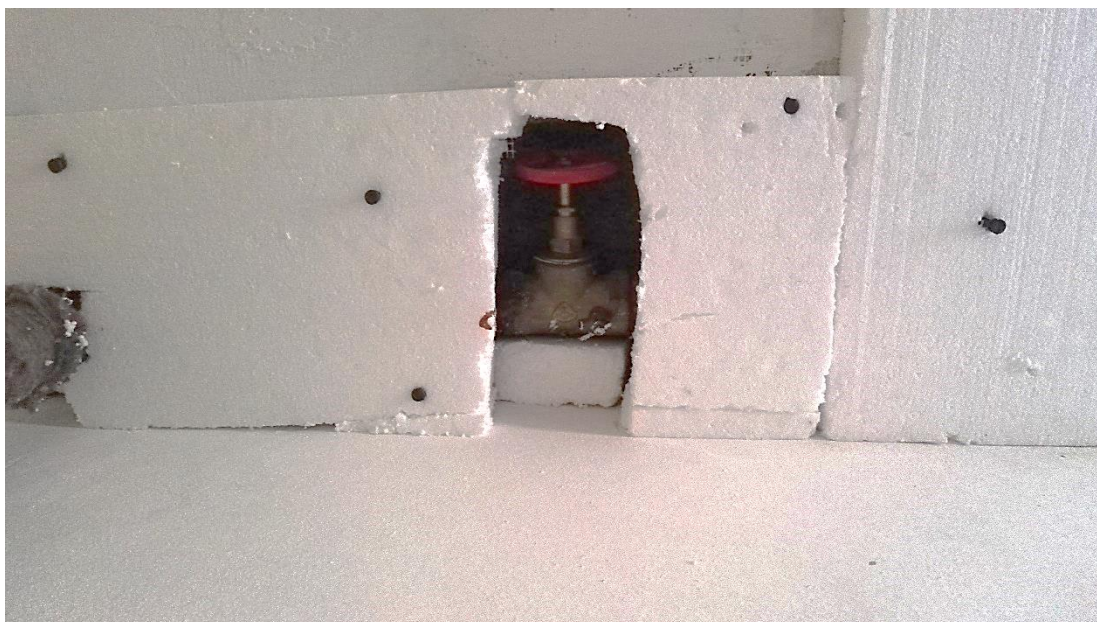
Obrázek 15: Rozvodní skříň s elektroměry a pojistkami pro jednotlivé byty

C.3.1.2 Rozvod a příprava teplé vody

Rozvod a příprava teplé vody je řešen pro každý byt samostatně. V objektu se nacházejí 4 hlavní uzávěry vody. Dvě z nich se nacházejí v sušárnách, jeden na chodbě před sklepy a jeden pravděpodobně v místnosti s odpadem. Voda je přivedena do objektu ze sousedního objektu a vedena čtyřmi stoupačkami do jednotlivých bytů.



Obrázek 16: Jeden z hlavních uzávěrů vody, který se nachází na chodbě před sklepy



Obrázek 17: Hlavní uzávěr vody, který se nachází na rozvodech vody v sušárnách

C.3.1.3 Rozvod plynu

Každý byt má svoji přípojku na rozvod zemního plynu a plynoměr. Hlavní uzávěr se nachází v suterénu. Rozvod zemního plynu je veden od HUP DN 50, kde se nachází kulový kohout ve skříni na fasádě budovy. Dále vede plynovod do sklepa a sklepem vede DN 80 s odbočkou DN 50, která je zaslepena. Dále vede na chodbu v 1. NP, kde je rozbočen na dvě vedení DN 65, osazené šoupaty DN 65. Obě stoupací vedení vedou do 5. NP. V každém patře jsou odbočky pro jednotlivé plynoměry, což jsou měřící místa pro každý byt. V každém patře jsou umístěny 4 plynoměry pro každý byt zvlášť, kromě 5. NP, kde jsou umístěny pouze 3 plynoměry. Ve 4. NP je umístěno celkem 5 plynoměrů. Plynoměry jsou umístěny na levé a pravé zdi, v nikách, které jsou osazeny plechovými dvířky. Uzávěr u všech plynoměrů je DN 32. Plynovod je vedený nad omítkou a je upevněn na konzolách nebo objímkami. Plynovod je proveden z ocelových trubek se zaručenou svařitelností. Provozní přetlak je 1,8 – 2 kPa.



Obrázek 18: Hlavní uzávěr plynu a plynoměr vedený pod stropem v suterénu



Obrázek 19: HUP – hlavní uzávěr plynu, který se nachází v suterénu



Obrázek 20: Hlavní uzávěr plynu a plynoměr pro jednotlivé byty

C.3.1.4 Vzduchotechnika

V roce 2018 byla provedena instalace nového axiálního ventilátoru k odvětrávání přístupové chodby směrem na dvůr.



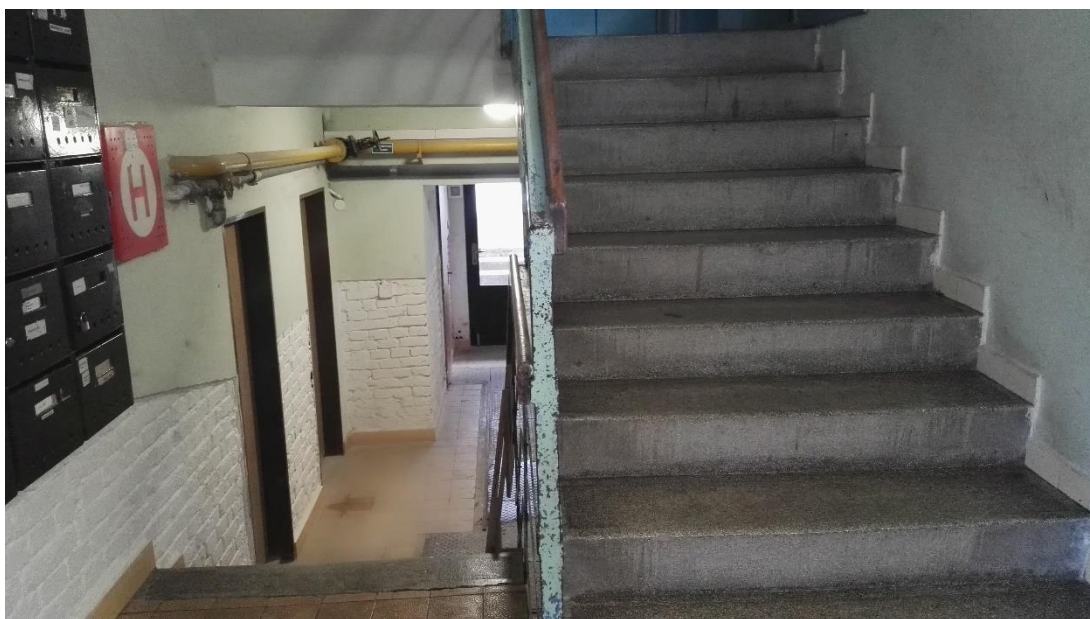
Obrázek 21: Axiální ventilátor z interiéru



Obrázek 22: Axiální ventilátor z exteriéru

C.3.1.5 Úprava vlhkosti materiálů v konstrukcích

Přibližně před 10 lety byla provedena chemická injektáž do podezdívky z důvodu odstranění vztlínání vlhkosti. V suterénu a sušárnách byly odstraněny navlhlé omítky.



Obrázek 23: Suterén objektu

C.3.1.6 Osvětlení

Pro všechny byty byly řešeny rozvody elektrické energie, které si poté každý majitel mění dle své potřeby. Svítidla na chodbách a schodišti jsou typu 4 elektro Nemo s mikrovlnným pohybovým čidlem a jsou osazena LED zdroji každý o 12 W. Jedná se celkem o 7 svítidel. V prostorách sklepů je nový rozvod, kde se nachází 27 svítidel typu Lena 100 W osazena LED zdroji každý o 12 W. V dalších částech suterénu je rozvod stávající. Celkem se zde nacházejí 4 žárovkové svítidla s žárovkovými zdroji 60 W. Ve společných prostorách je celkem instalováno v osvětlení 0,65 kW. Osvětlení je pravidelně revidované.



Obrázek 24: Osvětlení v prádelně, která se nachází v suterénu

C.3.1.7 Vytápění

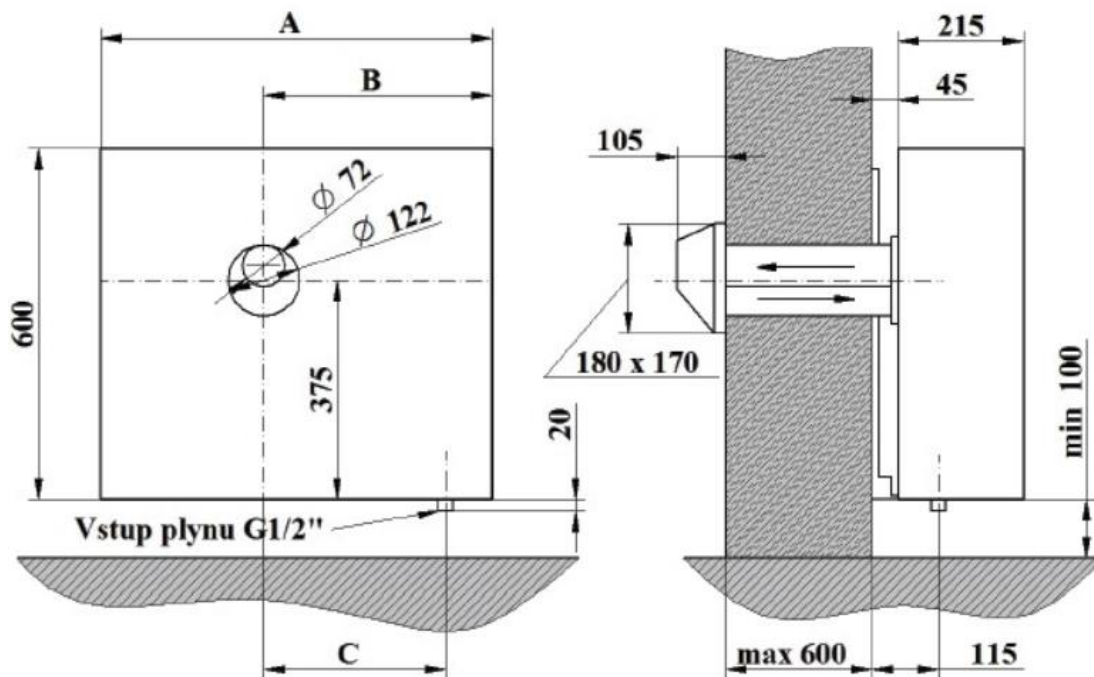
V každé bytové jednotce je vytápění řešeno samostatně. Jedná se například o kotel, lokálně plynové vytápění typu WAF, které se nachází pod okny nebo elektrické přímotopy. Ve většině bytech se jedná o podokenní plynové vytápění typu WAF. Zároveň má každý byt samostatný komín od původního vytápění kamny. V současné době tento komín používá pouze jeden byt. Společné prostory jsou vytápěné pouze pasivně, což znamená že se zde nenacházejí žádné otopné plochy.



Obrázek 25: Karm Beta 4 Comfort 02, [23]

V jednom z bytů se vytápí pomocí plynového topidla Karma Beta 4 Comfort 02, jedná se o plynové vytápění typu WAF.

Typ topidla	BETA 4
A	670
B	391,5
C	312,5



Obrázek 26: Rozměrový náčrtek Karmy Beta 4 Comfort 02, rozměry jsou uvedeny v mm, [23]

Jedná se o plynové topidlo s výkonem 3,9 W. Topidlo má velmi jednoduchou obsluhu. Odtah spalin je vyveden přes zeď do exteriéru. Teplota je udržována automaticky. Není vybaveno vlastními spínacími hodinami, proto se připojuje na pokojový termostat. Topidlo je vybaveno elektronickým řídicím systémem, který zapaluje hořák, reguluje příkon plynu, kontroluje plamen i bezpečnost topidla.

Staré vytápění typu WAF má několik nevýhod, jako je například hlučnost, nemožnost regulace termostatem podle teploty v interiéru a nasává vzduch z interiéru, proto je nevhodné pro vzduchotěsné novostavby. Vytápění typu WAF potřebuje rozvod plynu po bytě či domě, také neohřívá vodu a ani se nedá kombinovat s dalšími zdroji tepla.

C.4. Tepelně technické vlastnosti stávajícího stavu konstrukcí

Obvodové a štítové stěny jsou vytvořeny z plných pálených cihel. Žádné ze stěn nejsou zateplené.

Nášlapné vrstvy v suterénu a lodžiích jsou řešeny z betonové mazaniny a v ostatních patrech převážně z vlysů, keramické dlažby a PVC. Pod nášlapnou vrstvou se nachází cementový potěr, asfaltový pás A 400 H, škvára, železobetonový trámový strop a vnitřní hladká cementová omítka. Podlaha nad 5. NP se skládá z původních asfaltových pásů, škvárobetonu, asfaltového pásu A 400 H, škváry, železobetonového stropu a vnitřní hladké cementové omítky.

Budova byla dříve zastřešena klasickou plochou střechou, na kterou byla později dodělaná sedlová střecha. Nosnou část střechy tvoří dřevěné latě na husto a dřevěné krokve. Jako střešní krytina je použita nejčastější pálená střešní krytina bobrovka.

V plášti budovy jsou osazena nově vyměněná původní dřevěná okna za nová s izolačním dvojsklem v plastovém rámu. Každý byt si výměnu oken řešil sám. Vstupní a balkónové dveře jsou také nové plastové prosklené izolačním dvojsklem. V suterénu ve společných prostorech jsou původní dřevěná okna s jedním sklem.

C.4.1. Součinitele prostupu tepla stávajícího stavu konstrukce

Obvodová stěna tl. 790 mm	0,956 W/(m ² .K)
Obvodová stěna tl. 640 mm	1,125 W/(m ² .K)
Obvodová stěna tl. 490 mm	1,376 W/(m ² .K)
Štítová stěna	1,376 W/(m ² .K)
Strop nad 1. PP	1,363 W/(m ² .K)
Strop nad 5. NP	0,930 W/(m ² .K)
Střecha	0,997 W/(m ² .K)
Vnitřní stěna tl. 620 mm	1,053 W/(m ² .K)
Vnitřní stěna tl. 520 mm	1,186 W/(m ² .K)
Vnitřní stěna tl. 270 mm	1,765 W/(m ² .K)
Vnitřní stěna tl. 120 mm	2,549 W/(m ² .K)
Stěna mezi sousedními budovami tl. 230 mm	2,290 W/(m ² .K)
Dřevěná okna s jedním sklem	U _g = 4,4 W/(m ² .K) U _w = 4,5 W/(m ² .K)
Okna plastová s izolačním dvojsklem	U _g = 1,1 W/(m ² .K) U _w = 1,2 W/(m ² .K)

Balkónové dveře

$$U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Vstupní dveře

$$U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

C.4.2. Výpočet součinitele prostupu tepla stávajícího stavu konstrukce

Tabulka 13: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 790 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	1,1682	0,1	0,956
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,75	0,78	0,9615	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U= 0,956 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U= 0,956 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 14: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 640 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	0,9759	0,1	1,125
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,6	0,78	0,7692	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U= 1,125 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U= 1,125 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 15: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 490 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	0,7836	0,1	1,376
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,45	0,78	0,5769	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U = 1,376 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U = 1,376 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 16: Výpočet součinitele prostupu tepla štítové stěny tl. 490 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	0,7836	0,1	1,376
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,45	0,78	0,5769	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U = 1,376 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U = 1,376 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 17: Výpočet součinitele prostupu tepla stropu nad 1. PP

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]			
1	parketové vlysy (PVC, KD) + lepidlo	0,02	0,18	0,111	0,17	0,792	0,1	1,363			
2	cementový potěr	0,05	1,23	0,041							
3	asfaltový pás A 400 H	0,004	0,2	0,018	Rse [m².K/W]						
4	škvára	0,05	0,27	0,185							
5	železobetonový trámový strop	0,14	1,58	0,089							
6	vnitřní omítka hladká cementová	0,01	1,16	0,009	0,17						
U = 1,363 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,6 W/m².K => NEVYHOVUJE											
U = 1,363 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,4 W/m².K => NEVYHOVUJE											

Tabulka 18: Výpočet součinitele prostupu tepla stropu nad 5. NP

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]			
1	původní asfaltové pásy	0,1	0,2	0,500	0,1	1,204	0,1	0,930			
2	škvárobeton zatřený	0,05	0,74	0,068							
3	asfaltový pás A 400 H	0,004	0,2	0,018	Rse [m².K/W]						
4	škvára	0,08	0,27	0,296							
5	železobetonový trámový strop	0,14	1,58	0,089							
6	vnitřní omítka hladká cementová na podhledu	0,04	1,16	0,034	0,1						
U= 0,93 W/m².K ≤ U _{N,20} =0,6 W/m².K => NEVYHOVUJE											
U= 0,93 W/m².K ≤ U _{rec,20} =0,4 W/m².K => NEVYHOVUJE											

Tabulka 19: Výpočet součinitele prostupu tepla střešního pláště

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	keramická skládaná krytina Bobrovka				0,1	1,115	0,1	0,997
2	latě dřevěné 50/35 mm na husto	0,035	0,2	0,175	Rse [m².K/W]			
3	krokve dřevěné 100/160 mm	0,16	0,2	0,800	0,04			
U = 0,997 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,24 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U = 0,997 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,16 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 20: Výpočet součinitele prostupu tepla mezi sousedními budovami

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,13	0,4567	0,1	2,290
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,2	0,78	0,2564	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U = 2,29 W/m².K ≤ U _{N,20} = 1,05 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U = 2,29 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,7 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 21: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 620 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13	1,049	0,1	1,053
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,6	0,78	0,769	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13			
U= 1,053 W/m².K ≤ U _{N,20} = 1,3 W/m².K => VYHOVUJE								
U= 1,053 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,9 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 22: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 520 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13	0,921	0,1	1,186
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,5	0,78	0,641	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13			
U = 1,186 W/m².K ≤ U _{N,20} = 1,3 W/m².K => VYHOVUJE								
U = 1,186 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,9 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 23: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 270 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13	0,601	0,1	1,765
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,25	0,78	0,321	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13			
U = 1,765 W/m².K ≤ U _{N,20} = 1,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U = 1,765 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,9 W/m².K => NEVYHOVUJE								

Tabulka 24: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 120 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13	0,408	0,1	2,549
2	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,1	0,78	0,128	Rse [m².K/W]			
3	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,01	0,99	0,010	0,13			
U= 2,549 W/m².K ≤ U _{N,20} = 1,3 W/m².K => NEVYHOVUJE								
U= 2,459 W/m².K ≤ U _{rec,20} =0,9 W/m².K => NEVYHOVUJE								

C.5. Potřeba energie pro jednotlivé systémy TZB

V daném objektu se nacházejí systémy přípravy teplé vody, vytápění a osvětlení. Dále je proveden výpočet potřeb energie pro jednotlivé systémy TZB.

C.5.1. Příprava teplé vody

Pro výpočet potřeby teplé vody je důležité znát počet osob v objektu. V objektu žije 34 osob. Tabulková hodnota potřeby vody je určena dle TNI 73 0331. Celková potřeba teplé vody za jeden den V_{2p} se spočítá jako $\frac{(\text{počet osob} * \text{tabulková potřeba vody})}{1000}$ v m³/den.

Tabulka 25: Vstupní údaje pro výpočet potřeby tepla na přípravu teplé vody

d	délka topného období v Brně	263	dnů
N	počet pracovních dnů soustavy	365	dnů
t_{svl}	teplota studené vody v létě	15	°C
t_{svz}	teplota studené vody v zimě	5	°C
Počet osob	osoby žijící v objektu	34	osob
Potřeba vody	tabulková hodnota dle TNI 73 03 31	45	l/(osoba*den)
z	koeficient energetických ztrát systému	2	-
c	měrná tepelná kapacita vody	4186	J/(kg*K)
ρ	hustota vody	1000	kg/m ³
t_{tv}	teplota teplé vody	55	°C
t_{sv}	teplota studené vody	10	°C
Potřeba vody V_{2p}	(počet osob * potřeba vody) / 1000	1,53	m ³ /den

Výpočet denní potřeby tepla na přípravu teplé vody:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) * \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_{TV} - t_{SV})}{3600}$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 2) * \frac{1000 * 4186 * 1,53 * (55 - 10)}{3600} = 240,17 \text{ kWh/den}$$

Výpočet roční potřeby tepla na přípravu teplé vody:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{(t_{TV} - t_{svL})}{(t_{TV} - t_{svZ})} * (N - d)$$

$$Q_{TUV,r} = 240,17 * 263 + 0,8 * 240,17 * \frac{(55 - 15)}{(55 - 5)} * (365 - 263) = 75,6 \text{ MWh/rok} = 272,16 \text{ GJ/rok}$$

C.5.2. Vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění je proveden bilancováním tepelných ztrát, využitelnosti tepelných zisků. Výpočet tepelných ztrát a zisků konstrukcí a větráním byl proveden pomocí výpočetního softwaru Energetika. Výpočet je proveden pro každou zónu zvlášť. [24]

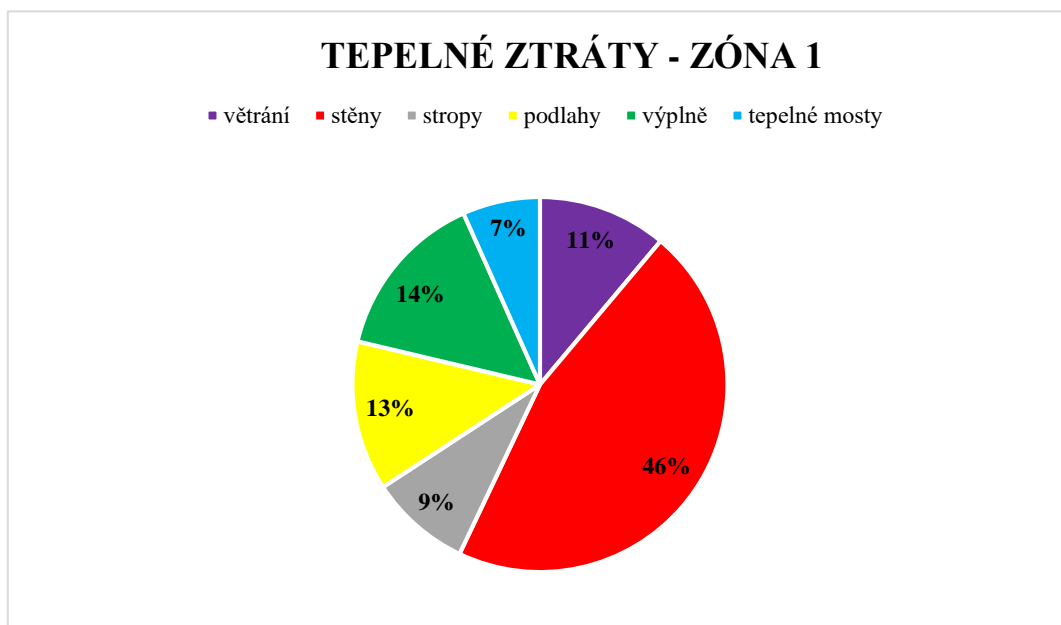
Zóna 1 – jedná se o bytovou zónu.

Θ_i – cílová teplota na vytápění v provozní dobu je 20 °C.

Θ_e – extrémní zimní návrhová teplota je -15 °C.

Stávající stav objektu ZÓNA 1		
Název konstrukce	Tepelné ztráty a zisky v kW	Podíl v %
Větrání	10,27	11,1
Stěny	42,42	45,93
Stropy	8,06	8,73
Podlahy	11,93	12,91
Výplně	13,50	14,61
Tepelné mosty	6,17	6,69
Celkem	92,35	100

Tabulka 26: Tepelné ztráty a zisky stávajícího stavu objektu pro ZÓNU 1



Graf 4: Tepelné ztráty pro zónu 1

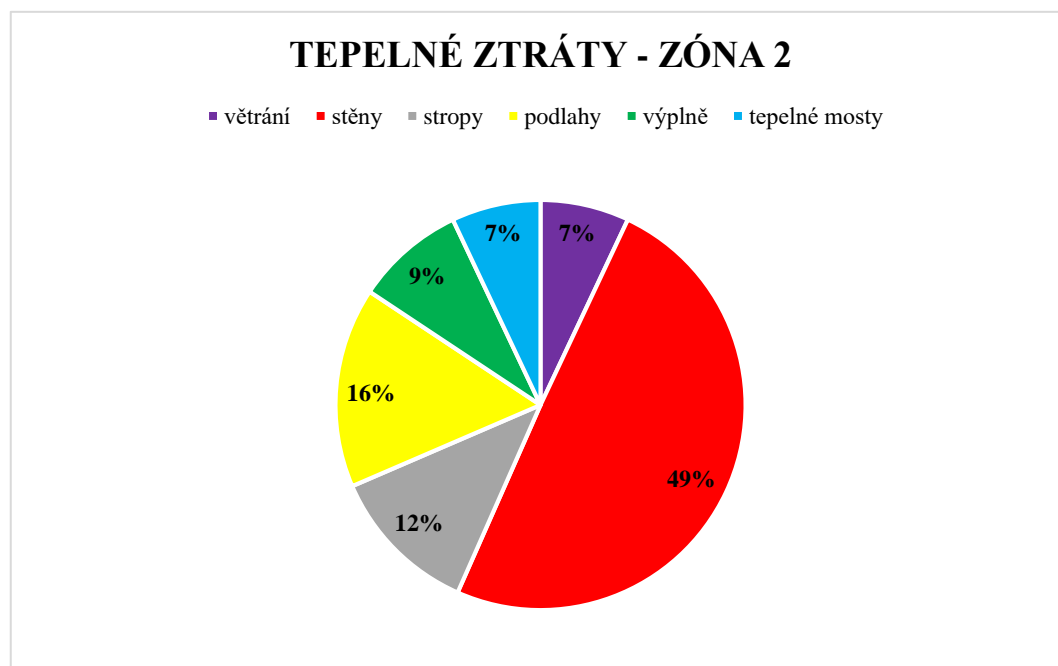
Zóna 2 – jedná se o společné prostory.

Θ_i – cílová teplota na vytápění v provozní dobu je 16 °C.

Θ_e – extrémní zimní návrhová teplota je -15 °C.

Stávající stav objektu ZÓNA 2		
Název konstrukce	Tepelné ztráty a zisky v kW	Podíl v %
Větrání	0,54	7,01
Stěny	3,8	49,62
Stropy	0,91	11,9
Podlahy	1,21	15,8
Výplně	0,66	8,65
Tepelné mosty	0,54	7,03
Celkem	7,66	100

Tabulka 27: Tepelné ztráty a zisky stávajícího stavu objektu pro ZÓNU 2



Graf 5: Tepelné ztráty pro zónu 2

Orientační celkové tepelné ztráty obou zón jsou **100,2 kW**.

C.5.3. Osvětlení

Nezjistila jsem roční spotřebu elektřiny pro osvětlení a ani instalovaný výkon v obytné zóně. Ve společných prostorech je instalovaný příkon 650 W. Výpočet je proveden pro každou zónu zvlášť. Ve společných prostorech je osvětlení zajištěno LED zdroji. Celkový instalovaný výkon svítidel v zóně 1 jsem zjistila z programu Energetika. [24]

Zóna 1 – jedná se o bytovou zónu.

Tabulka 28: Vstupní údaje pro výpočet potřeby el. energie na osvětlení pro zónu 1

P _n	Celkový instalovaný výkon svítidel, z programu Energetika	1490,44	W
t _D	Doba provozu s denním světlem, z programu Energetika	1600	h
t _N	Doba provozu bez denního světla, z programu Energetika	1200	h
F _D	Činitel respektující využití denního světla	1	-
F _O	Činitel respektující obsazení prostoru	1	-
F _C	Činitel charakterizující vliv regulace osvětlovací soustavy na konstantní osvětlenost	1	-
W _{PC, A}	Roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládací zařízení), uvažuje se 5 kWh/(m ² .rok)	0	kWh/rok
W _{EM, A}	Roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení, uvažuje se 1 kWh/(m ² .rok)	0	kWh/rok

Výpočet roční spotřeby elektrické energie

$$W = W_L + W_P \quad [\text{kWh/rok}]$$

$$W_L = \frac{(P_n * F_C) * [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000}$$

$$W_L = \frac{(1490,44*1)*[(1600*1*1)+(1200*1)]}{1000} = 4173,232 \text{ kWh/rok}$$

$$W_P = W_{PC,A} * A_f + W_{em,A} * A_f = 0 \text{ kWh/rok}$$

Zóna 2 – jedná se o společné prostory.

Tabulka 29: Vstupní údaje pro výpočet potřeby el. energie na osvětlení pro zónu 2

P _n	Celkový instalovaný výkon svítidel	650	W
t _D	Doba provozu s denním světlem, z programu Energetika	1200	h
t _N	Doba provozu bez denního světla, z programu Energetika	800	h
F _D	Činitel respektující využití denního světla	1	-
F _O	Činitel respektující obsazení prostoru	1	-
F _C	Činitel charakterizující vliv regulace osvětlovací soustavy na konstantní osvětlenost	1	-
W _{PC, A}	Roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládací zařízení), uvažuje se 5 kWh/(m ² .rok)	0	kWh/rok
W _{EM, A}	Roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení, uvažuje se 1 kWh/(m ² .rok)	0	kWh/rok

Výpočet roční spotřeby elektrické energie

$$W = W_L + W_P \quad [\text{kWh/rok}]$$

$$W_L = \frac{(P_n * F_C) * [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000}$$

$$W_L = \frac{(650 * 1) * [(1200 * 1 * 1) + (800 * 1)]}{1000} = 1300 \text{ kWh/rok}$$

$$W_P = W_{PC,A} * A_f + W_{em,A} * A_f = 0 \text{ kWh/rok}$$

Celková roční spotřeba elektrické energie na osvětlování pro obě zóny je **5473,232 kWh/rok**. [25]

C.5.4. Celková energetická bilance stávajícího stavu objektu

Dílčí dodaná energie za vytápění byla stanoveny z výpočetního softwaru Energetika. Celková energetická bilance byla vytvořena pro ceny za energii zemního plynu 1,5 Kč/kWh a 4,5 Kč/kWh za elektrickou energii. [24]

Celková energetická bilance stávajícího stavu objektu		
Dodaná energie	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis.Kč]
Dílčí dodaná energie za vytápění	206,97	-
Dílčí dodaná energie za chlazení	-	-
Dílčí dodaná energie za větrání	-	-
Dílčí dodaná energie za úpravu vlhkosti	-	-
Dílčí dodaná energie za přípravu TV	75,6	-
Dílčí dodaná energie za osvětlení	5,47	24,62
Celková dodaná energie	288,04	-

Tabulka 30: Celková energetická bilance stávajícího stavu objektu

Nedokáží přesně určit náklady na energii za vytápění a přípravu teplé vody. Jednotlivé byty si přípravu teplé vody a vytápění řeší samostatně, proto by bylo nutné získat faktury s vyúčtováním z každého bytu.

C.6. Návrh úsporných opatření

C.6.1. Zateplení konstrukce – 1. varianta

Zateplení vnějších stěn

Ke stávající skladbě vnějších stěn bude přidána tepelná izolace. Zvolila jsem tepelnou izolaci z minerální vlny z důvodu požární bezpečnosti stavby o tloušťce 140 mm. Součinitel prostupu tepla minerální vlny od výrobce je $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Tuto hodnotu je nutné zhoršit o cca 10 %, jedná o navýšení na hodnotu $\lambda = 0,0385 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Po zateplení hodnota součinitele prostupu tepla odpovídá požadované i doporučené hodnotě z normy ČSN 73 0540.

Tabulka 31: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplené vnější stěny tl. 780 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{bk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	4,6123	0,02	0,237
2	minerální vata	0,14	0,0385	3,6364				
3	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,6	0,78	0,7692	Rse [m².K/W]			
4	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U = 0,237 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => VYHOVUJE								
U = 0,237 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => VYHOVUJE								

Tabulka 32: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení vnější stěny tl. 630 mm

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tbk,j}$	U [W/m².K]
1	původní cementová omítka škrábaná	0,025	1,16	0,0216	0,13	4,4200	0,02	0,246
2	minerální vata	0,14	0,0385	3,6364				
3	cihla CPP na vápenocementovou maltu	0,45	0,78	0,5769	Rse [m².K/W]			
4	vnitřní omítka hladká vápenocementová	0,015	0,99	0,0152	0,04			
U= 0,246 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,3 W/m².K => VYHOVUJE								
U= 0,246 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,25 W/m².K => VYHOVUJE								

Zateplení stropu suterénu

Ke stávající skladbě stropu suterénu bude přidána tepelná izolace ISOVER 150 S o tloušťce 80 mm. Součinitel prostupu tepla tepelné izolace ISOVER 150 S od výrobce je $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tuto hodnotu je nutné zhoršit o cca 5 %, jedná o navýšení na hodnotu $\lambda = 0,037 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Po zateplení hodnota součinitele prostupu tepla odpovídá hodnotě $U = 0,383 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tato hodnota vyhovuje požadované i doporučené hodnotě z normy ČSN 73 0540.

Tabulka 33: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení stropu nad 1. PP

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	ΔU _{tk,j}	U [W/m².K]
1	parketové vlasy (PVC, KD) + lepidlo	0,02	0,18	0,111	0,17	2,751	0,02	0,383
2	cementový potěr pevnost v tlaku 25 MPa	0,05	1,23	0,041				
3	tepelná izolace ISOVER 150 S	0,08	0,037	2,162	Rse [m².K/W]			
4	železobetonový trámový strop	0,14	1,58	0,089	0,17			
5	vnitřní omítka hladká cementová	0,01	1,16	0,009				
U = 0,383 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,6 W/m².K => VYHOVUJE								
U = 0,383 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,4 W/m².K => VYHOVUJE								

Zateplení stropu nad 5. NP

K zateplení stropu nad 5. NP bude použita minerální vata o tloušťce 60 mm, která bude zakotvena do nosné konstrukce stropu. Na ní bude pomocí rychlošroubů zavěšena sádrokartonová deska Rigips. Součinitel prostupu tepla minerální vlny od výrobce je $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Tuto hodnotu je nutné zhoršit o cca 10 %, jedná o navýšení na hodnotu $\lambda = 0,0385 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Po zateplení hodnota součinitele prostupu tepla odpovídá hodnotě $U = 0,378 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Tato hodnota vyhovuje požadované i doporučené hodnotě z normy ČSN 73 0540.

Tabulka 34: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení stropu nad 5. NP

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{tk,j}$	U [W/m².K]		
1	původní asfaltové pásy	0,1	0,2	0,500	0,1	2,794	0,02	0,378		
2	škvárobeton zatřený	0,05	0,74	0,068						
3	asfaltový pás A 400 H	0,0035	0,2	0,018						
4	škvára	0,08	0,27	0,296						
5	železobetonový trámový strop	0,14	1,58	0,089						
6	paropropustná fólie Guttafol DO 135 S				Rse [m².K/W]					
7	minerální vata	0,06	0,0385	1,558						
8	parotěsná fólie Guttafol WB									
9	zavěšená sádrokartonová deska Rigips RB 12,5	0,0125	0,21	0,060	0,1					
10	sádrová stěrková omítka, zrnitost 0 - 0,2 mm	0,003	0,47	0,006						
U= 0,378 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,6 W/m².K => VYHOVUJE										
U= 0,378 W/m².K ≤ U _{rec,20} =0,4 W/m².K => VYHOVUJE										

Zateplení střechy

K zateplení střechy bude použita minerální vata mezi krokvemi o tloušťce 160 mm a pod krokvemi o tloušťce 140 mm. Na ní bude pomocí rychlošroubů zavěšena sádrokartonová deska Rigips. Součinitel prostupu tepla minerální vlny od výrobce je $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tuto hodnotu je nutné zhoršit o cca 10 %, jedná o navýšení na hodnotu $\lambda = 0,0385 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Po zateplení hodnota součinitele prostupu tepla odpovídá hodnotě $U = 0,153 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tato hodnota vyhovuje požadované i doporučené hodnotě z normy ČSN 73 0540.

Tabulka 35: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení střechy

č.v.	materiál	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]	Rsi [m².K/W]	ΣR [m².K/W]	$\Delta U_{bk,j}$	U [W/m².K]
1	betonová střešní krytina Betonpres Exclusiv višňová	0,025			0,1	1,373	0,02	0,153
2	střešní latě dřevěné 50/40 mm	0,04	0,18	0,222				
3	kontralatě dřevěné 50/40 mm na krokve	0,04	0,18	0,222				
4	difúzně propustná fólie	0,0015			Rse [m².K/W]			
5	páska pro slepení přesahů	0,001						
6	PE fólie	0,0015						
7 a	krokve dřevěné 100/160 mm	0,16	0,18	0,889	0,04			
7 b	minerální vata	0,16	0,0385	4,156				
8	minerální vata	0,14	0,0385	3,636				
9	sádrokartonový podhled	0,0125	0,21	0,060				
U = 0,153 W/m².K ≤ U _{N,20} = 0,24 W/m².K => VYHOVUJE								
U = 0,153 W/m².K ≤ U _{rec,20} = 0,16 W/m².K => VYHOVUJE								

Výpočet součinitele prostupu tepla střechy po rekonstrukci

Tabulka 36: Rovnoběžně s tepelným tokem

výška skladby	délka úseku 1 – minerální vlna	délka úseku 2 – krokve
0,5415	0,9	0,1

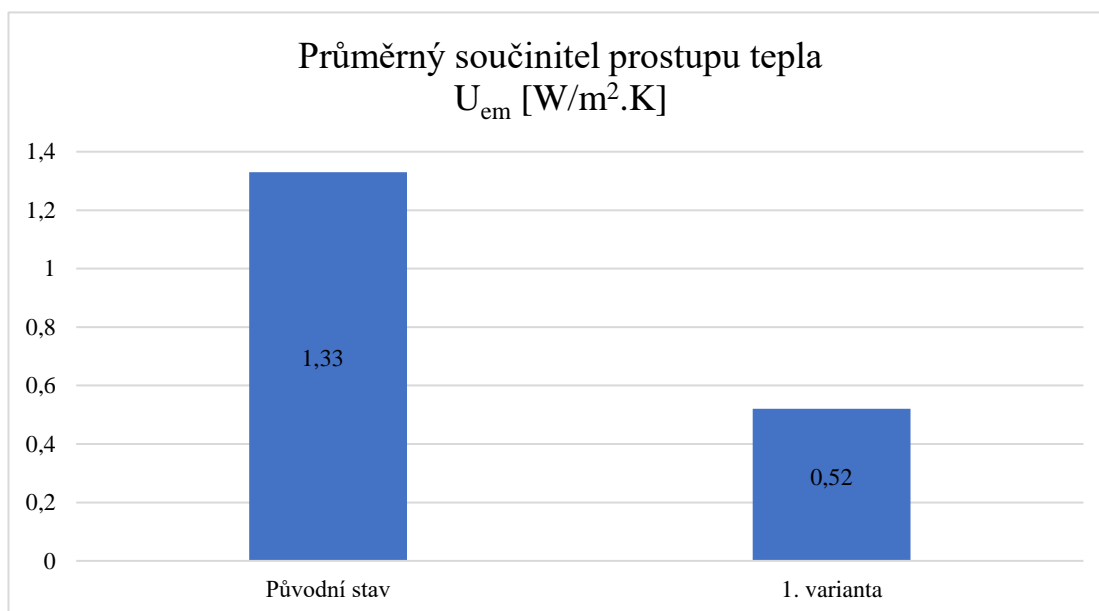
plocha úseku 1	$A_1 = d_1 \cdot v = 0,9 \cdot 0,5415$	0,48735
plocha úseku 2	$A_2 = d_2 \cdot v = 0,1 \cdot 0,5415$	0,05415
celková plocha	$A = d \cdot v = 1 \cdot 0,5415$	0,5415
poměry ploch 1	$f_1 = A_1/A = 0,48735/0,5415$	0,9
poměry ploch 2	$f_2 = A_2/A = 0,05415/0,5415$	0,1

číslo vrstvy	název vrstvy	d [m]	λ [W/m*K]	R [m².K/W]
1	betonová střešní krytina Betonpres Exclusiv VIŠŇOVÁ	0,0250		
2	střešní latě 50x40 mm, impregnace DEKSAN PROFI	0,0400	0,18	0,222
3	kontralatě 50x40 mm, impregnace DEKSAN PROFI	0,0400	0,18	0,222
4	difúzně propustná fólie DEKTEN PRO	0,0015		
5	páska pro slepení přesahů DEKTAPE PRO	0,0010		
6	PE fólie	0,0015		
7 a	krokve	0,1600	0,18	0,889
7 b	tepelná izolace – minerální vlna	0,1600	0,0385	4,156
8	tepelná izolace – minerální vlna	0,1400	0,0385	3,636
9	sádkartonový podhled	0,0125	0,2100	0,0595

$R_1 = 0,222 + 0,222 + 4,156 + 3,636 + 0,0595$	8,2962
$R_2 = 0,222 + 0,222 + 0,889 + 3,636 + 0,0595$	5,0292
$1/R' = (f_1/R_1) + (f_2/R_2)$	0,1284
R'	7,79

Tabulka 37: Kolmo k tepelnému toku

výška skladby	délka úseku 1 – minerální vlna	délka úseku 2 – krokve
0,18	0,9	0,1
plocha úseku 1	$A_1 = d_1 \cdot v = 0,9 \cdot 0,18$	0,162
plocha úseku 2	$A_2 = d_2 \cdot v = 0,1 \cdot 0,18$	0,018
celková plocha	$A = d \cdot v = 1 \cdot 0,18$	0,18
poměry ploch 1	$f_1 = A_1/A = 0,162/0,18$	0,9
poměry ploch 2	$f_2 = A_2/A = 0,018/0,18$	0,1
		$(0,9/4,16) + (0,1/0,89) = 0,329$
		$R = 1/0,329 = 3,0389$
	$0,222+0,222+3,636+0,06+3,04$	$R'' = 7,18$
OVĚŘENÍ	$(R'/R'') < 1,25$	1,085 < 1,25 VYHOVUJE
TEPELNÝ ODPOR	$R = (R' + 2R'') / 3$	$(7,79 + 2 \cdot 7,18) / 3 = 7,383$
CELKOVÝ ODPOR	$R_T = R_{si} + R + R_{se}$	$R_T = 0,1 + 7,383 + 0,04 = 7,523$
SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	$U = 1/R_T$	$U = 1/7,523 = 0,133$
	$\Delta U_{tbk,j} = 0,02$	0,153
POSOUZENÍ	$U = 0,153 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$	
	$U = 0,153 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$	



Graf 6: Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla před a po zateplení

C.6.2. Výměna původních dřevěných oken – 2. varianta

Výměna zbývajících dřevěných oken ve společných prostorech objektu

Bytový dům má v současné době okna a balkónové dveře vyměněna za nová okna s izolačním dvojsklem v plastovém rámu. Vstupní dveře u hlavního i vedlejšího vstupu jsou nové plastové prosklené s izolačním dvojsklem. Okna do společných prostor 1. PP jsou původní dřevěná s jedním sklem, která nejsou dostatečně těsná. Tyto původní dřevěná okna budou vyměněna za plastová s izolačním dvojsklem v plastovém rámu. Součinitel prostupu tepla skla $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Součinitel prostupu tepla celého okna $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tyto hodnoty součinitele prostupu tepla splňují požadovanou i doporučenou hodnotu normy ČSN 73 0540.

C.7. Vybrané experimentální ověření reálného stavu budovy

C.7.1. Snímky termokamerou

C.7.1.1 Snímky z exteriéru

Měření termokamerou proběhlo dne 8. 2. 2018 přibližně v 7:15 hodin.

Při měření bylo oblačno až zataženo. Teplota při měření se pohybovala těsně pod nulou. Maximální denní teplota v Brně byla kolem 1,2 °C a minimální -1,3 °C.

Při mém měření jsem se snažila co nejvíce eliminovat vlivy, které mohou měření ovlivnit, aby bylo co nejpresnější. Měření může být ovlivněno několika faktory. Například stromy, které se nachází v těsné blízkosti stavby. Existuje řada podmínek, které by měli být dodrženy, aby měření bylo co nejpresnější.

Podmínky pro správné měření termokamerou:

- rozdíl venkovní a vnitřní teploty alespoň 10 °C, čím větší je rozdíl teplot, tím jsou snímky ostřejší,
- snaha eliminovat jiné zdroje záření,
- důležité je, aby byl objekt vytápěný,
- dobré je mít okna a dveře uzavřena, jinak je na snímcích vidět, jak otvory uniká teplo z interiéru do exteriéru. [19]

Termokamera byla použita z ústavu technického zařízení budov ze stavební fakulty Vysokého učení technické v Brně, jednalo se o typ FLIR E50. Jedná se o lehkou termokameru s rozlišením čipu 240 x 180 px. Termokamera má manuální zaostřování, proto není lehké každý snímek dobře zaostřit. Jestliže je malý rozdíl teplot mezi vnější teplotou vzduchu a teplotou konstrukce, mohou být snímky trochu rozostřené. Zorné pole objektivu je 25°, rozsah měření teplot je od - 20 °C do + 650 °C a teplotní citlivost této termokamery je lepší než 0,05 °C. Měřicí funkce až 3 současně zobrazených bodů, funkce delta a referenční teploty a 3 oblasti se zobrazením nejnižší, nejvyšší a průměrné teploty. Termokamera je vybavena digitální kamerou 3,1 Mpix s LED přisvícením, laserovým ukazovátkem a dotykovým LCD displejem 3,5", 320 x 240 bodů. Pořízené snímky je možné uložit na paměťovou kartu SD ve formátu JPEG. Každý snímek je možný doplnit textovou nebo hlasovou poznámkou. Rozměry termokamery 246 x 97 x 184 mm. Hmotnost je 0,825 kg. Výdrž akumulátoru je přibližně 4 hodiny. Termokamera by měla být odolná vůči pádu z výšky 2 m. [26]

Termografické měření může odhalit:

- zvýšení tření nebo namáhání materiálů,
- zvýšení elektrického odporu,
- tepelný most,
- netěsnost materiálů, nedostatečnou tepelnou izolaci,
- nehomogenitu materiálu (např. vyšší vlhkost, vznik plísní). [19]

Všechny tyto negativní vlastnosti způsobují změnu povrchové teploty, která je důležitá pro termografické měření.

Na pořízených termografických snímcích je vidět, kde mají konstrukce špatné tepelné technické vlastnosti. Konstrukce, které mají špatné tepelné technické vlastnosti, nebo kde vznikají tepelné mosty a netěsnosti, jsou na snímcích zobrazeny červenou barvou. Podle snímků by bylo vhodné celou konstrukci zateplit. Nejhorší na tom jsou lodžie, které mají nejhorší tepelné technické vlastnosti. Tato budova není nijak zateplena.



Obrázek 27: Termokamera typu FLIR E50

Infračervená kamera měří objektem vyzařované infračervené záření, které je závislé na povrchové teplotě objektu a také emisivitě. V okolí objektu vzniká další záření, které se od objektu odráží. Pro určení přesné teploty je nutné co nejvíce eliminovat různé zdroje radiace. Tato kamera provádí automaticky. Do kamery je nutné zadat následující parametry objektu:

- emisivitu objektu,
- teplotu odráženého záření,
- vzdálenost od objektu ke kameře,
- relativní vlhkost,
- teplotu atmosféry.

Jednotlivé termografické snímky jsem upravila v programu FLIR Tools. Snažila jsem se je upravit, tak aby byly co nejvíce ostré a přehledné. Na jednotlivých snímcích jsem si přesně určila jednotlivé body na fasádě, u kterých jsem chtěla vědět jejich teplotu. Dále se v programu dá nastavit emisivita, odrazová teplota, vzdálenost, atmosférická teplota, teplota externí optiky, propustnost externí optiky a relativní vlhkost. Jednotlivé hodnoty jsem neměnila.

Jednotlivé hodnoty z programu pro snímky z exteriéru:

- emisivita: 0,86,
 - o emisivita závisí na typu materiálu: například pro sklo 0,92, pro cihlu 0,85,
- odrazová teplota: 2 °C,
- vzdálenost: 30 m,
- atmosférická teplota: 2 °C,
- teplota externí optiky: 25 °C,
- propustnost externí optiky: 1,0,
- relativní vlhkost: 74 %. [27]

Pro veškeré snímky z exteriéru byla použita hodnota emisivity 0,86.

Snímky z exteriéru jsem pořizovala já, a snímky z interiéru mi poskytl pan Ing. Tomáš Volařík, který v daném bytě bydlí.

Snímky z termografického měření exteriéru



Obrázek 28: Východní pohled (fasáda objektu ze dvora)



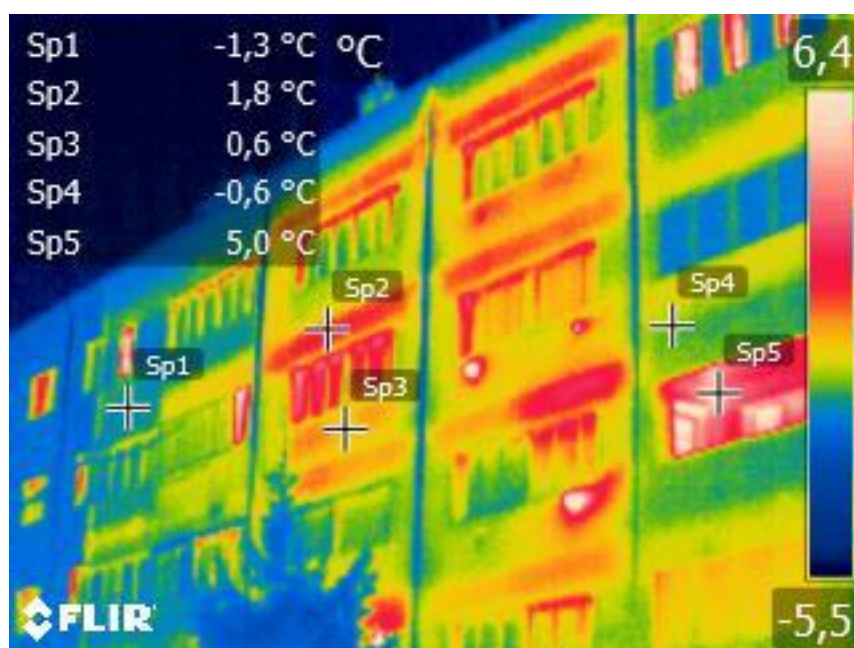
Obrázek 29: Východní pohled (fasáda objektu ze dvora) – termografický snímek

Tento snímek zachycuje pohled na východní fasádu, jedná se o fasádu objektu ze dvora. Na snímku je vidět, že v konstrukci se nacházejí tepelné mosty. Také je vidět že konstrukce má špatné tepelné technické vlastnosti. Řešením by bylo konstrukci zateplit. Ve fasádě se nacházejí vyústky od plynového vytápění typu WAF, které jsou umístěny pod okny. Vyústky jsou z kovového materiálu, který dobře odvádí teplo z interiéru do exteriéru. Na snímcích je dále vidět, kde jsou otevřená okna, kterými dochází k úniku tepla z interiéru do exteriéru. Nejhorší tepelné technické vlastnosti mají lodžie, kde dochází k velkému úniku tepla z interiéru do exteriéru přes obvodové konstrukce. Nejlepším řešením by bylo konstrukce zateplit.

Porovnání s navazujícími objekty z východního pohledu



Obrázek 30: Porovnání s navazujícími objekty z východního pohledu



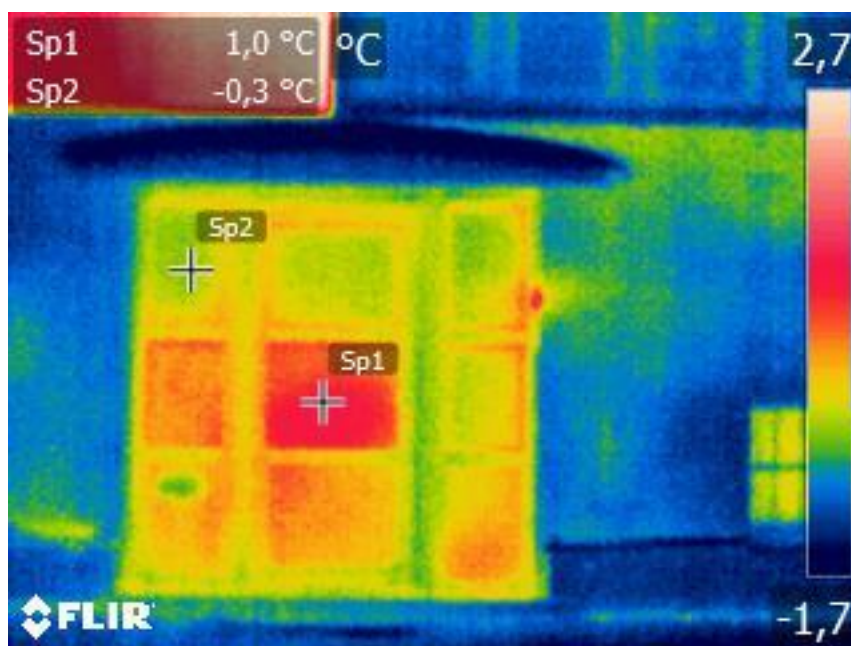
Obrázek 31: Porovnání s navazujícími objekty z východního pohledu – termografický snímek

Na tomto snímku je vidět, jak posuzovaná budova oproti přiléhajícím budovám není zateplena, tudíž má horší tepelně technické vlastnosti. V posuzované budově se nacházejí tepelné mosty. Nejhorší části jsou okolo oken, lodžie a v místech kovových vyústek ve fasádě. Vyústky jsou z kovového materiálu, který dobře odvádí teplo i interiéru do exteriéru.

**Detaily na fasádě západního pohledu
(fasáda objektu ze strany přilehlého uličního chodníku)**



Obrázek 32: Detail hlavních vchodových dveří



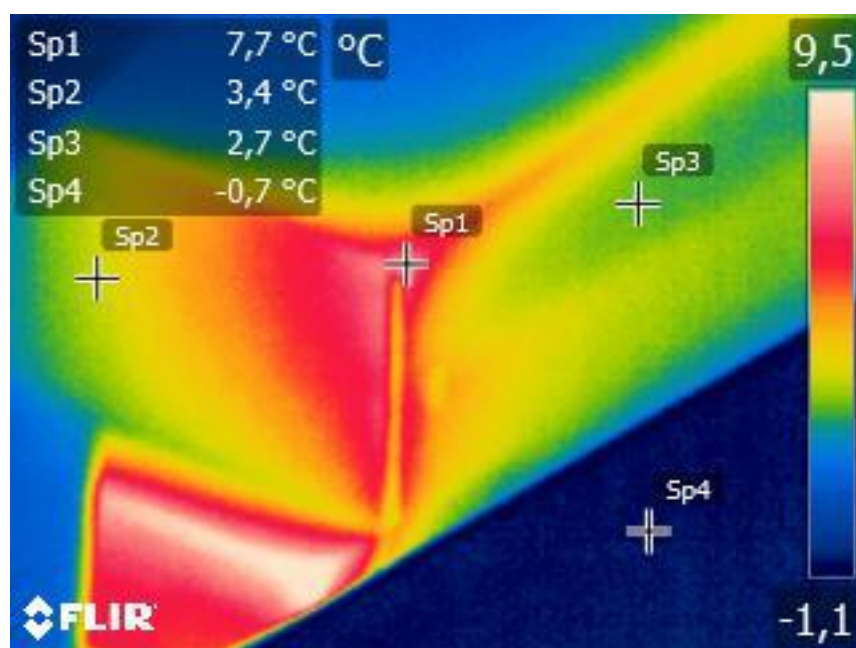
Obrázek 33: Detail hlavních vchodových dveří – termografický snímek

Nové hlavní plastové dveře. V místě těchto dveří nedochází k velkému úniku tepla.

Lodžie ze západní strany



Obrázek 34: Detail rohu lodžie ze západní strany



Obrázek 35: Detail rohu lodžie ze západní strany – termografický snímek

Tepelné mosty, které se nacházejí v rozích jednotlivých lodžií. Tepelné mosty jsou místa v konstrukci, kde uniká teplo z interiéru do exteriéru. Vnikají nedostatečným nebo žádným zateplením budovy. Tepelné prvky mohou být tvořeny kovovými prvky ve zdivu, nebo jinými materiály, které dobře vedou teplo.

C.7.1.2 Snímky z interiéru – byt v 5. NP na východní straně

Měření bylo provedeno termokamerou, která byla použita z ústavu technického zařízení budov ze stavební fakulty Vysokého učení technické v Brně, jednalo se o typ FLIR T420bx. Jedná se termokameru určenou pro diagnostiku elektrických rozvaděčů, výrobních strojů, motorů, fotovoltaických panelů apod. S rozlišením senzoru 320 x 240 a excelentní teplotní citlivostí 0,04 °C. Termokamera má automatické i manuální ostření. Dále obsahuje ergonomicky naklopitelný objektiv s detektorem, laserový zaměřovač, přisvětlovací diodu, periodické snímkování, fotoaparát 3.1 Mpx. [28]

Jednotlivé hodnoty z programu pro snímky z interiéru:

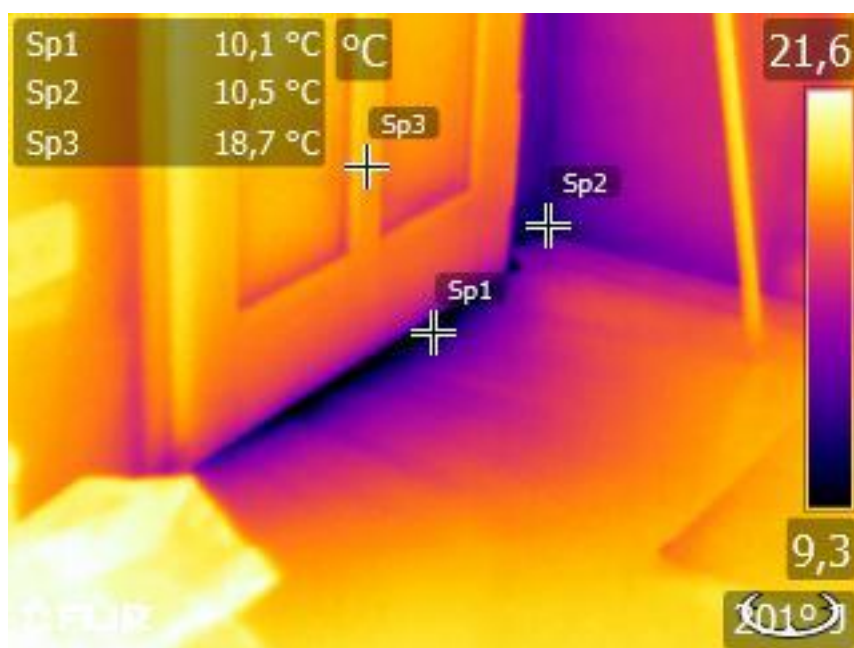
- emisivita: 0,95,
- odrazová teplota: -20 °C,
- vzdálenost: 6 m,
- atmosférická teplota: 5 °C,
- teplota externí optiky: 20 °C,
- propustnost externí optiky: 1,0,
- relativní vlhkost: 82 %. [27]

Pro veškeré snímky z interiéru byla použita hodnota emisivity 0,95.

Dveře z pokoje na lodžii



Obrázek 36: Vstup z pokoje na lodžii



Obrázek 37: Vstup z pokoje na lodžii – termografický snímek

Na snímku se nacházejí dveře z pokoje směrem na lodžii, kde je 450 mm tlustá nosná stěna. Nové balkónové dveře jsou poměrně těsné. Ve spodní části a napravo nejsou dveře dostatečně zaizolované. Dochází zde k úniku tepla z interiéru do exteriéru. Rozdíl teploty těchto částí oproti teplotě na dveřích je kolem 8 °C.

Okno z kuchyňského koutu směrem na lodžii



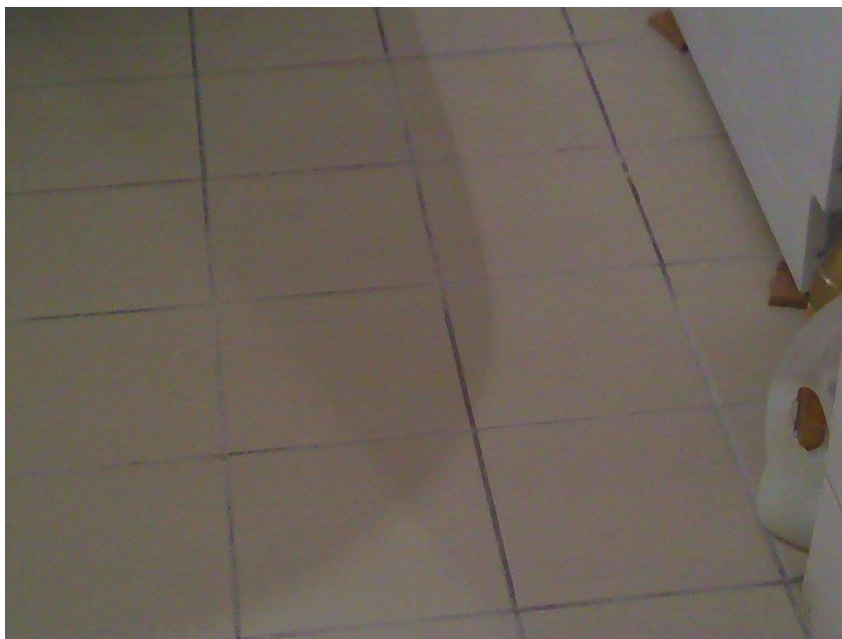
Obrázek 38: Detail okna v kuchyni směrem na lodžii



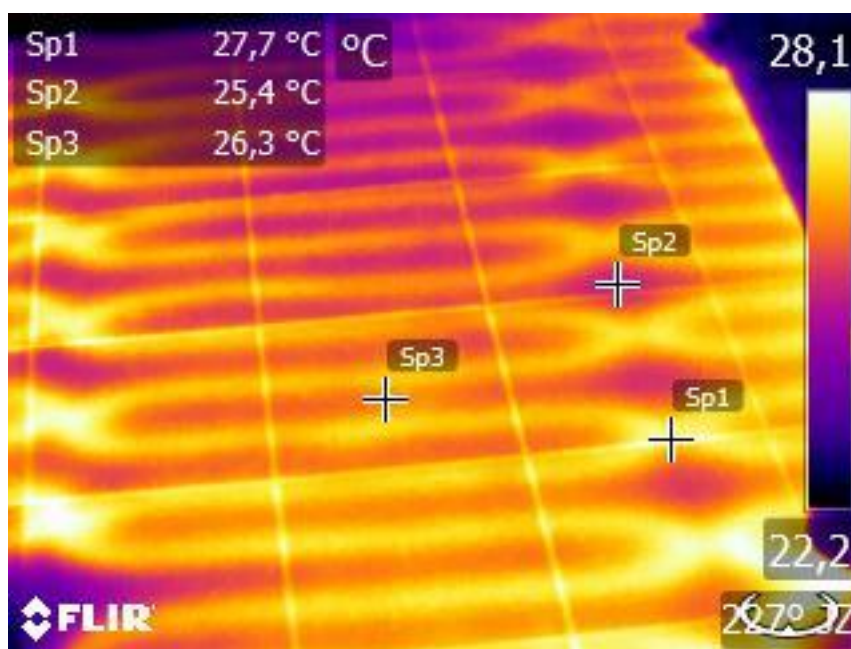
Obrázek 39: Detail okna v kuchyni směrem na lodžii – termografický snímek

Na tomto snímku se nachází nové plastové okno z kuchyně směrem na lodžii. Je zde vidět, že okno je celkem dobře zaizolované a kolem okna dochází k mírnému úniku tepla z interiéru do exteriéru. Rozdíl teploty těchto částí oproti teplotě na okně je kolem 2 až 4 °C.

Podlaha v koupelně



Obrázek 40: Detail podlahy v koupelně s podlahovým vytápěním



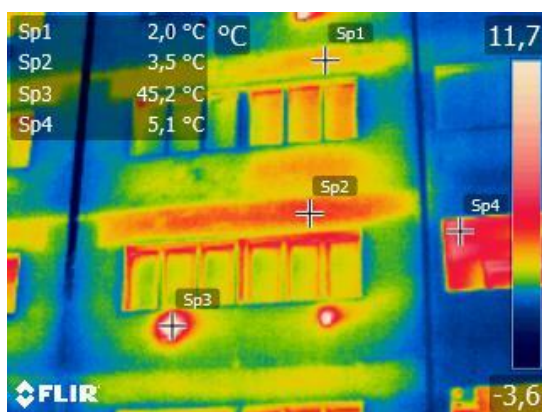
Obrázek 41: Detail podlahy v koupelně s podlahovým vytápěním – termografický snímek

Jedná se o podlahu v koupelně s podlahovým vytápěním 150 W/m^2 s elektrickým programovatelným termostatem ABB nastaveným na teplotu $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

C.7.1.3 Porovnání jednoho snímku s různou hodnotou emisivity

Emisivita by se měla nastavit dle převažujícího materiálu povrchu na snímku. Nejvhodnější je však snímek pořídit pro jednotlivé části konstrukce s různou emisivitou zvlášť. Tedy každý materiál na konstrukci by se měl zaměřit samostatně.

Na tomto snímku převládá fasáda z cihel. Emisivita pro cihlu je 0,85. Zkoušela jsem porovnat na jednom snímku 3 různé hodnoty emisivity 0,85, 0,9 a 0,95. Emisivita se mění s časem, vlnovou délkou a teplotou. Na těchto snímcích je vidět, že s rostoucí hodnotou emisivity mírně klesá teplota jednotlivých bodů na snímku. Čím je teplota vyšší, tím rychleji klesá s rostoucí emisivitou. Což je vidět u bodu 4, kde se nachází vyústka od plynového vytápění typu WAF. Vyústky jsou z kovového materiálu, který dobře odvádí teplo z interiéru do exteriéru. Emisivita leštěných kovů je 0,1 a méně. Čím více je kov oxidovaný, tím větší je hodnota emisivity.



Obrázek 42: Termografický snímek s emisivitou 0,85



Obrázek 43: Termografický snímek s emisivitou 0,9



Obrázek 44: Termografický snímek s emisivitou 0,95

C.7.2. Měření vnitřního prostředí – byt v 5. NP na východní straně

Byly mi poskytnuty data z měření vnitřního klimatu, které provedl majitel daného bytu. Čidla na měření vnitřního klimatu se v daném bytě nacházejí cca od 18. 7. 2017. Jedná se o čidlo na měření VOC plynů ve vnitřním prostředí, které je umístěno v obývacím pokoji a čidlo na měření koncentrace CO₂ ve vnitřním prostředí, které se nachází v ložnici. Obě tyto čidla měří i teplotu a vlhkost. Existuje různé zatížení životního prostředí uvnitř objektu, podle různých škodlivých faktorů, jako například chemických, biologických nebo fyzikálních. Mezi chemické zatížení patří například chemikálie určené na ochranu dřeva a pesticidy. Biologické škodliviny jsou například plísně, kvasinky, bakterie a roztoči. Mezi fyzikální znečištění patří například radioaktivita. Všechny tyto škodliviny se nazývají Volatile organic compounds (VOC) plyny.

Pro zpracování a zhodnocení jsem použila data za měsíc březen 2018, konkrétně od 29. 3. 2018 – 31. 3. 2018. Jedná se o čtvrtek, pátek a sobotu, proto jsem mohla porovnat běžný den, státní svátek 30. 3. 2018 a víkend. Z těchto dat jsem zvláště pro každou místnost vypracovala graf a zhodnotila.

Požadovaná teplota v obytné místnosti je 20 °C. Doporučená vlhkost vnitřního prostředí se nachází mezi 40 až 60 %. Doporučená koncentrace CO₂ vnitřního prostředí je 800 až 1 000 ppm.

Graf č. 1 – Obývací pokoj (teplota, vlhkost, VOC)

Z tohoto grafu je vidět, že teplota v tomto období se pohybuje mezi 20 až 24 °C. Tato teplota je optimální, samozřejmě každý člověk má jiné požadavky na teplotu. Vlhkost je v rozmezí 27 až 42 %. Optimálně by měla být v rozmezí 40 až 60 %. Nižší vlhkost znamená, že je v místnosti suchý vzduch, který může způsobovat únavu, onemocnění pokožky, dýchacích cest a pálení očí. Bylo by vhodné si do bytu pořídit zvlhčovač. Další způsoby, jak zvlhčit suchý vzduch je například sušením prádla v místnosti nebo pořízení více pokojových rostlin. Nejvyšší vlhkost bylo 31. 3. 2018 v sobotu kolem 19 hodiny. Nejnižší naopak 29. 3. 2018 kolem 17 hodiny. Celkově o hodně vyšší byla vlhkost naměřena v sobotu odpoledne, nejspíše z důvodu sušení prádla v místnosti. Hodnoty VOC jsou velmi proměnlivé, minimální naměřená hodnota je 450 dne 29. 3. 2018 kolem 16 až 17 hodiny a nejvyšší hodnota 2 000, která byla naměřena hned několikrát. Vždy kolem 11 až 14 hodiny byly naměřeny nižší hodnoty.

Graf č. 2 – Ložnice (teplota, vlhkost, CO₂)

Z tohoto grafu je vidět, že teplota v tomto období se pohybuje mezi 18 až 22 °C. Tato teplota je nižší než v obývacím pokoji, což je vhodné pro spánek. V odpolední hodinách jsou teploty o trochu vyšší než ve večerních a ranních hodinách. Nejnižší teplota byla naměřena 31. 3. 2018 kolem 18 hodiny. Důvodem může být delší větrání v místnosti. Vlhkost je v rozmezí 31 až 56 %. Optimálně by měla být v rozmezí 40 až 60 %. V ložnici je vyšší vlhkost než v obývacím pokoji, což je dobře pro lepší spánek. Nejvyšší vlhkost byla 31. 2018 v sobotu kolem 21 hodiny. Celkově vyšší vlhkost byla naměřena v sobotu odpoledne, nejspíše z důvodu sušení prádla v místnosti. Nejnižší naopak 29. 3. 2018 kolem 17 hodiny. Hodnoty CO₂ jsou velmi proměnlivé minimální naměřená hodnota je

kolem 450 ppm dne 31. 3. 2018 v odpoledních hodinách a nejvyšší hodnota 1 375 ppm, která byla naměřená 29. 3. 2018 kolem 6 hodiny ráno. Doporučená koncentrace CO₂ vnitřního prostředí je 800 až 1 000 ppm. Při otevření okna dojde ke snížení hodnot ppm, naopak čím více osob je v místnosti tím se hodnoty ppm zvětšují.

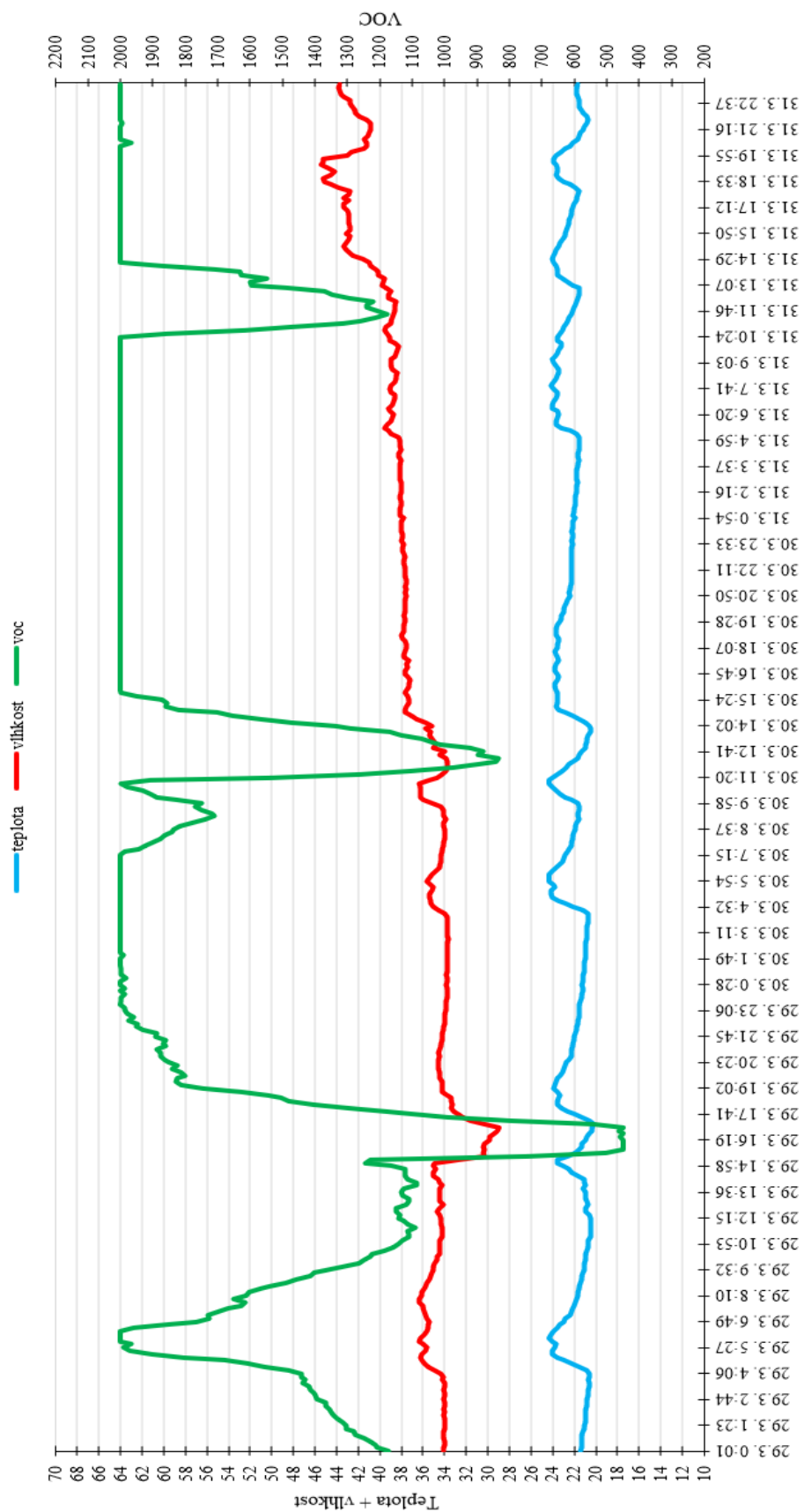
Graf č. 3 – Vlhkost + teplota

Jedná se o porovnání změny vlhkosti s měnící se teplotou. Se zvětšující se teplotou klesá vlhkost a naopak. Při vyšší teplotě dochází k většímu odpařování vody, vzduch vodu absorbuje. Dále je v grafu pro porovnání vyznačená spodní hranice optimální vlhkosti 40 % a návrhová teplota vnitřního prostředí 20 °C. Z grafu je vidět, že vlhkost je nižší než optimální hodnota. Nižší vlhkost znamená, že je v místnosti suchý vzduch, který může způsobovat únavu, onemocnění pokožky, dýchacích cest a pálení očí. Bylo by vhodné si do bytu pořídit zvlhčovač. Další způsoby, jak zvlhčit suchý vzduch je například sušením prádla v místnosti nebo pořízení více pokojových rostlin. Celkově je v místnosti větší vlhkost v sobotu, nejspíše z důvodu většího výskytu osob v místnosti, nebo sušení prádla.

Graf č. 3 – Venkovní teplota ve stejné období 29.3.2018 – 31.3.2018

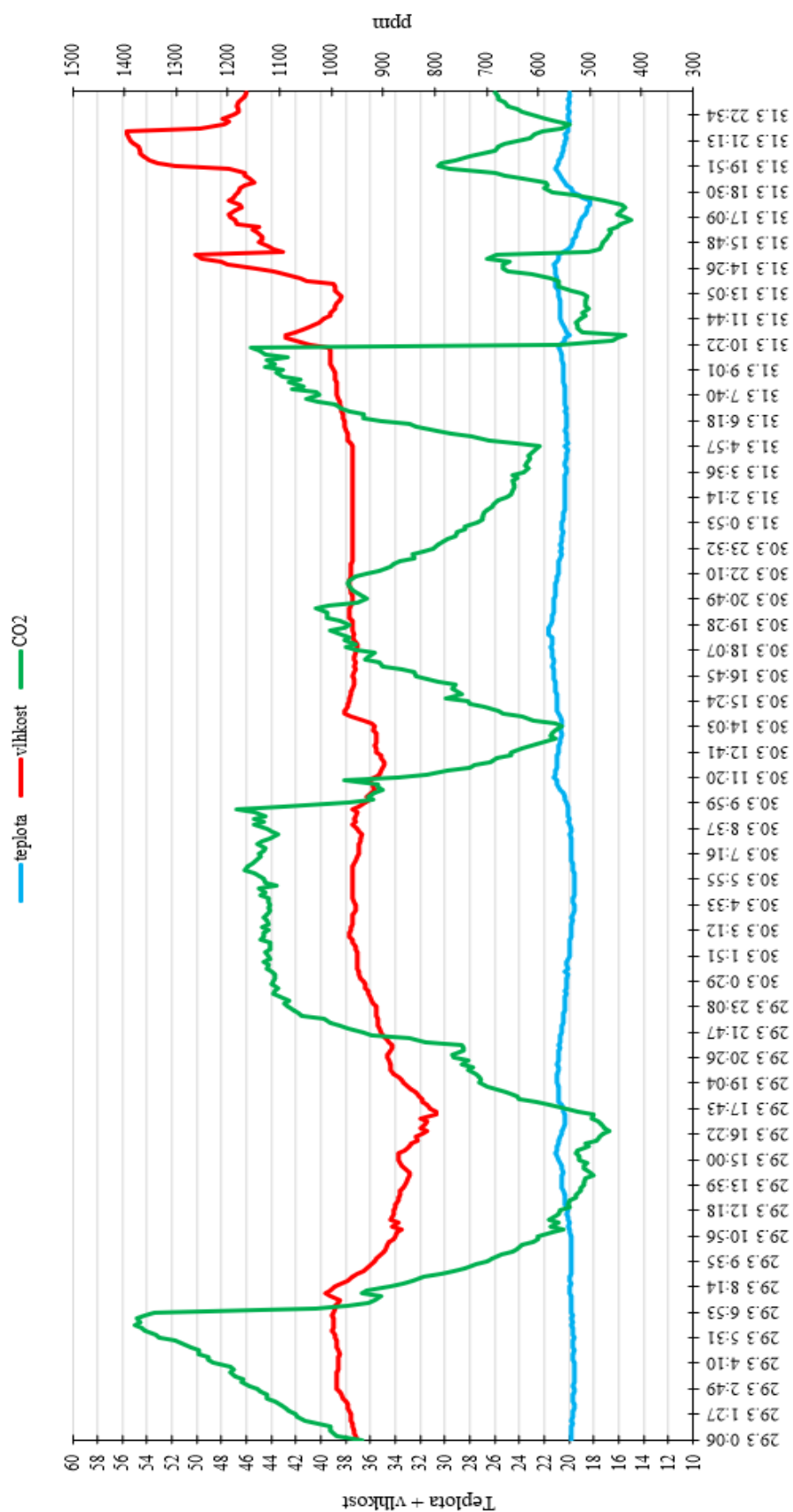
Z tohoto grafu je vidět kolísání venkovní teploty v jednotlivých dnech za každou hodinu. Nejnižší teplota v tomto období byla 30. 3. 2018 v ráno kolem 3 až 5 hodiny, jedná se o teplotu kolem 0 °C. Naopak nejvyšší teplota byla 31. 3. 2018 přesně v poledne, jedná se o teplotu 14,2 °C.

GRAF TEPLITY, VLHKOSTI A VOC - OBÝVACÍ POKOJ



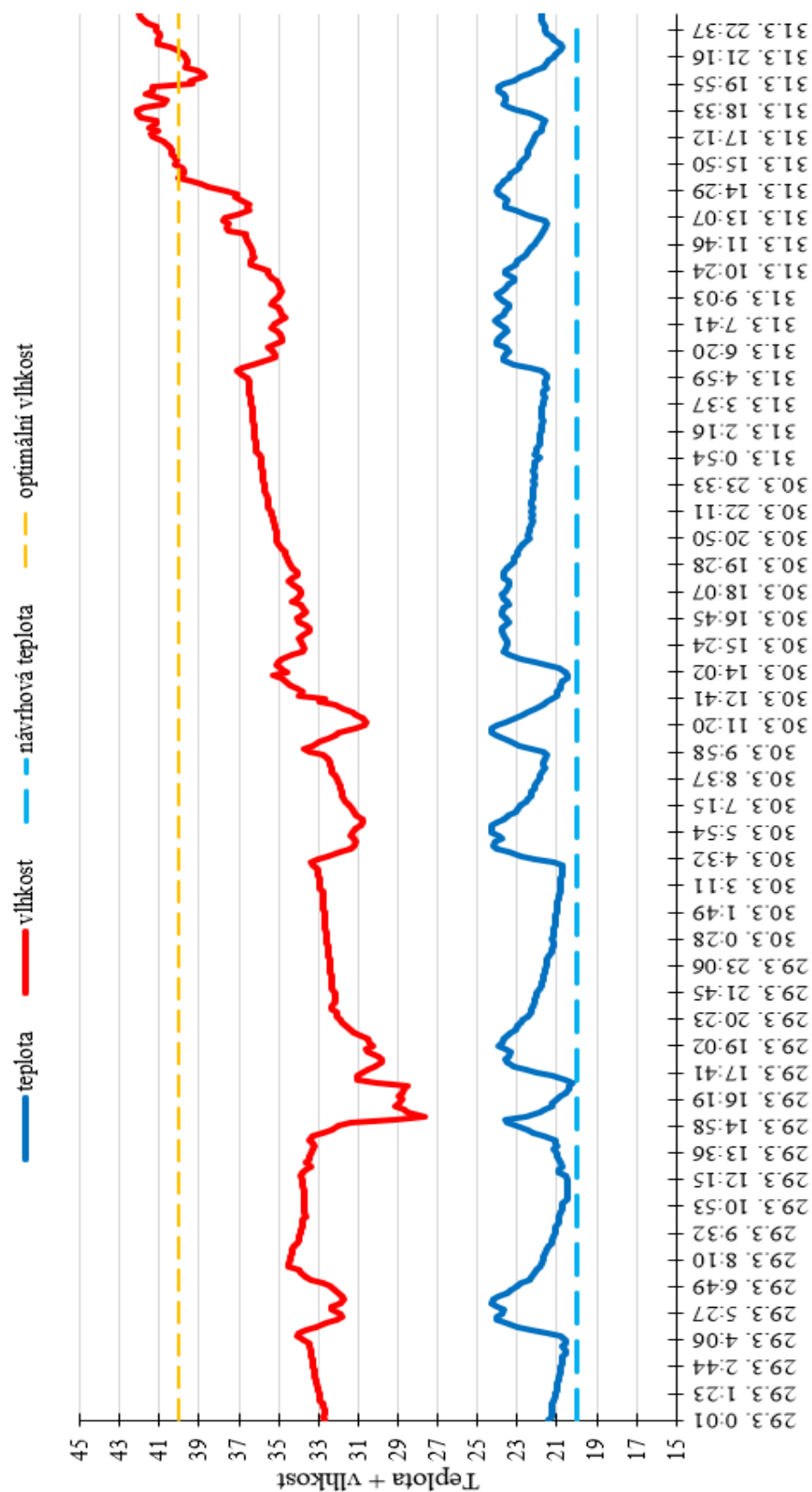
Graf 7: Měření vnitřního prostředí v obývacím pokoji

GRAF TEPLITY, VLHKOSTI A CO2 - LOŽNICE



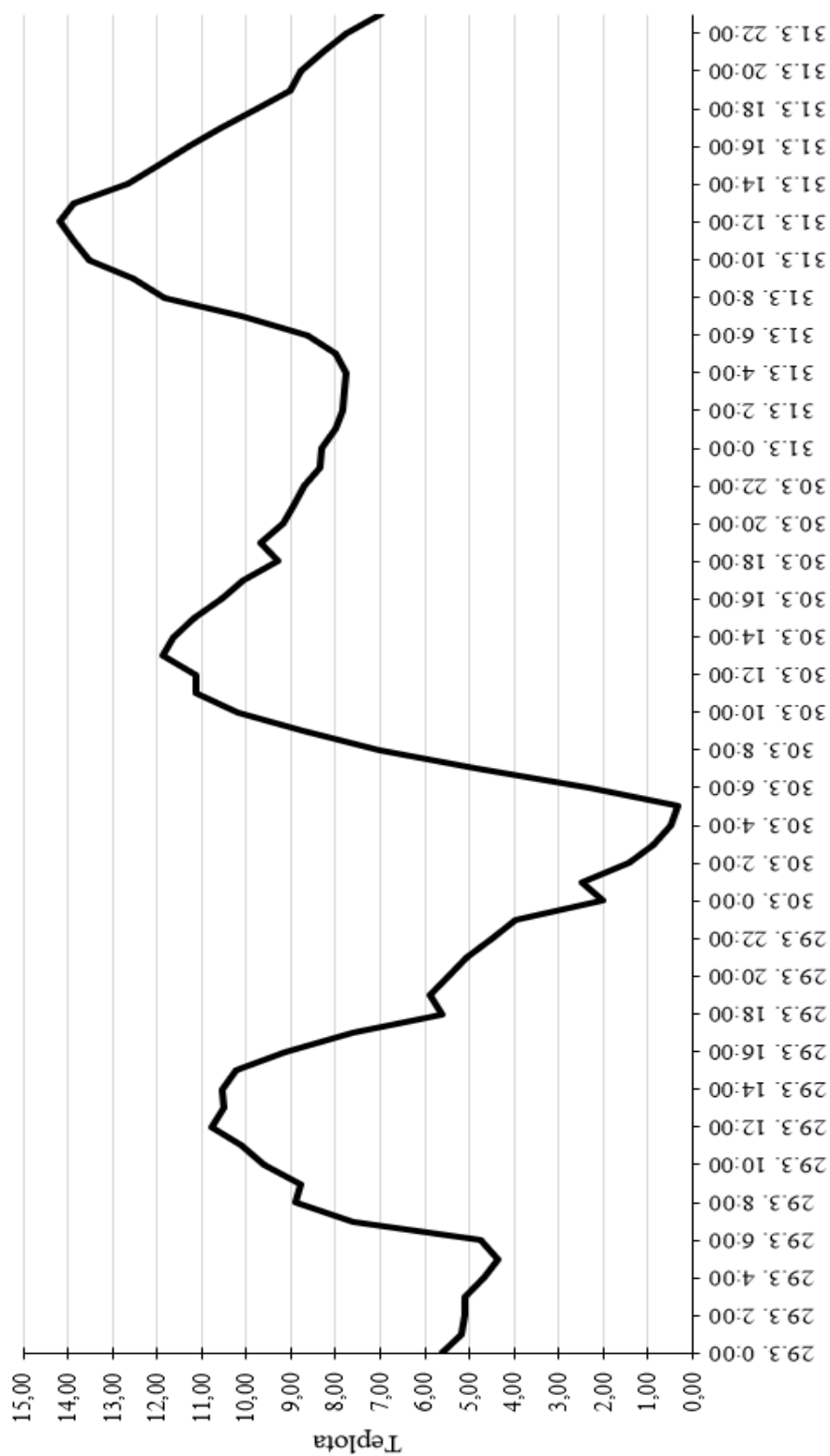
Graf 8: Měření vnitřního prostředí v ložnici

GRAF TEPLITY A VLHKOSTI - OBÝVACÍ POKOJ



Graf 9: Teplota a vlhkost v obývacím pokoji

VENKOVNÍ TEPLOTA 29. 3. - 31. 1. 2018



Graf 10: Venkovní teplota

ZÁVĚR

Bakalářská práce se skládá ze tří částí. Použila jsem studentskou verzi výpočetního softwaru Energetika ze stavebního programu DEKSOFT pro výpočet dílčích částí průkazu energetické náročnosti budovy a pro vypracování energetického štítku obálky budovy.

V části A se nachází základní definice a rozdělení dané problematiky podle platných zákonů, vyhlášek a norem.

V části B se nachází detailnější popis jednotlivých vztahů a postupy výpočtů, které slouží ke zpracování dílčích částí průkazu energetické náročnosti budovy. Dále návrhy opatření na zlepšení energetické náročnosti budovy, ekonomické a ekologické hodnocení.

V části C se nachází popis daného objektu, jeho stavební řešení a specifikace systémů TZB. Dále výpočet potřeby energie pro jednotlivé systémy TZB. Návrh úsporných opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. V hlavní části bakalářské práce se nachází termografické měření z exteriéru i interiéru, měření vnitřního prostředí jednoho z bytů (teplota, vlhkost, CO₂, VOC). Jednotlivá naměřená data jsou zpracována a vyhodnocena.

Moji bakalářskou práci jsem prezentovala na soutěži studentské vědecké a odborné činnosti (SVOČ).

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů*. 2013, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů*. 2000, ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Rozdíl štítek/průkaz. In: *Energetický štítek* [online]. 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.budovyprukaz.cz/rozdil-stitek-prukaz.html>
- [4] Vyhláška č. 480/2012 Sb. O energetickém auditu a energetickém posudku, 2012.
- [5] ANTONÍN, Jan a Magdalena PURKRTOVÁ. Budovy s téměř nulovou spotřebou energie. *Tzbinfo* [online]. 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15180-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-definice>
- [6] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [7] POČINKOVÁ, Marcela. *Obnovitelné a alternativní zdroje energie: Úvod do využívání OZE*. Brno, 2016.
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Směrnice evropského parlamentu a rady 2010/31/ES o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů*. 2010.
- [9] Rámec pro oblast klimatu a energetiky do roku 2030 – Consilium. *Home – Consilium* [online]. 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>
- [10] Renewable energy in the EU: Share of renewables in energy consumption up to 15% in the EU in 2013, Three Member States already achieved their 2020 targets. In: *Crisis Observatory* [online]. 2015 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://crisisobs.gr/en/2015/03/renewable-energy-in-the-eu-share-of-renewables-in-energy-consumption-up-to-15-in-the-eu-in-2013-three-member-states-already-achieved-their-2020-targets/>
- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2012.
- [12] ZŠ Nový Jičín, Komenského 66, příspěvková organizace — Oficiální stránky školy [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.komenskeho66.cz/materialy/chemie/WEB-CHEMIE9/zdroje%20enrgie.html>
- [13] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/>
- [14] Solární záření v České republice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie#/media/File:SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png
- [15] Obnovitelné zdroje energie. *Nazeleno.cz. Úspory energie, izolace, zdravý životní styl, biopotraviny, ekologie. Nazeleno.cz* [online]. Copyright © 2018 Nazeleno.cz, všechna práva vyhrazena. ISSN 1803 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>

- [16] Biopaliva frčí. *Biopaliva frčí* [online]. Copyright © 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/>
- [17] ČSN EN 13187. *Tepelné chování budov – Kvalitativní určení tepelných nepravidelností v pláštích budov – Infračervená metoda*.
- [18] Příručka termografie – Termokamery testo. *Termokamery testo*. [online]. 2015 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://termokamera.com/prirucka-termografie/>
- [19] Manuál pro využití výpočetního nástroje NKN. Katedra technických zařízení budov K11125. [online]. září 2010 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/files/nastroje/Methodika/nkn-pomucka_k_vyuce.pdf
- [20] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*, ÚNMZ Praha, 2011.
- [21] Čím nahradit žárovky? Chatař & Chalupář. *Chatař & Chalupář. Webová verze časopisu Chatař a Chalupář* [online]. Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Tábořská 5 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/cim-nahradit-zarovky/>
- [22] MACH, Jiří. *Posouzení stávajícího stavu a návrh stavebních úprav: Technická zpráva*. Brno, 2016.
- [23] Karma a.s.. *Karma a.s. – plynová topidla, krby, klimatizace* [online]. Copyright © 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.karma-as.cz/produkty/karma-beta-4-comfort-02/#parametry>
- [24] Programy. DEKSOFT. [online]. Copyright © 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://stavebni-fyzika.cz/programy/energetika>
- [25] ČSN EN 15193. *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*. Zdroj: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/10162-energeticka-narocnost-osvetlovacich-soustav>. Praha, 2008.
- [26] Termokamera FLIR E50. TR instruments spol. s r. o.. *TR instruments – Měřicí přístroje a monitorovací systémy* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/flir-e50>
- [27] *Program FLIR Tools* [počítačový program]. Ver. 5.13. Společnost FLIR Systems a uživatelé její licence, 2015, akt. 12. 2. 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z <http://support.flir.com/SwDownload/app/RssSWDownload.aspx?ID=120>
- [28] Termokamera FLIR T420, T420bx, T440. *Oficiální dodavatel termokamer FLIR pro ČR a SK. Termokamera FLIR* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-t4x0/>

Fotografie, u kterých není uvedený zdroj pořizovala autorka bakalářské práce Renata Bidmonová.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratky

BD – Bytový dům
CO₂ – Oxid uhličitý
ČR – Česká republika
ČSN – Česká státní norma
EA – Energetický audit
EHB – Energetické hodnocení budov
EN – Energetická náročnost
ENB – Energetická náročnost budovy
EP – Energetický posudek
EŠOB – Energetický štítek obálky budov
EU – Evropská unie
HUP – Hlavní uzávěr plynu
OZE – Obnovitelní zdroje energie
PENB – Průkaz energetické náročnosti budov
RD – Rodinný dům
SVJ – Společenství vlastníků jednotek
SVOČ – Studentská vědecká a odborná činnost
TKO – Tuhý komunální odpad
TNI – Technická normalizační informace
TV – Teplá voda
TZB – Technická zařízení budov
VOC – Volatile organic compounds

Symboly

$(1+r)^{-t}$ – Odúročitel
A – Plocha obálky budovy [m²]
A_c – Celková podlahová plocha [m²]
c – Měrná tepelná kapacita vody [J/(kg*K)]

CF – Roční úspora nákladů
 CF_t – Roční přínosy projektu
 d – Tloušťka [m], Délka topného období v Brně [den]
 EP_C – Roční dodaná energie na chlazení, včetně pomocné energie na provoz [GJ]
 EP_H – Roční dodaná energie na vytápění, včetně pomocné energie na provoz [GJ]
 EP_F – Roční dodaná energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího
vzduchu, včetně pomocné energie na provoz [GJ]
 EP_{CHP} – Roční produkce energie systémem kombinované výroby elektřiny a tepla [GJ]
 EP_L – Roční dodaná energie na osvětlení [GJ]
 EP_{PV} – Roční produkce energie fotovoltaickým systémem [GJ]
 EP_W – Roční dodaná energie na přípravu TV, včetně pomocné energie na provoz [GJ]
 f_{Rsi} – Teplotní faktor [-]
 $f_{Rsi,N}$ – Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]
 H_T – Měrná ztráta prostupem tepla stanovená ze součinitelů prostupu tepla všech
teploměrných konstrukcí, které tvoří obálku budovy [W/K]
 $i_{LV,N}$ – Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti
 IN – Počáteční investice
 Io – Celková hodnota investic
 IRR – Vnitřní výnosové procento
 M_C – Množství zkondenzované vodní páry v celoroční bilanci [kg/m²a]
 $M_{C,N}$ – Maximální množství zkondenzované vodní páry v celoroční bilanci [kg/m²a]
 M_{ev} – Množství vypařené vodní páry v celoroční bilanci [kg/m²a]
 N – Počet pracovních dnů soustavy [den]
 NPV – Čistá současná hodnota
 $NPVQ$ – Koeficient čisté současné hodnoty
 $Q_{fuel,tot}$ – Celková roční energie obsažená zásobujících budovu [GJ]
 $Q_{TUT,d}$ – Denní potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/den]
 $Q_{TUT,r}$ – Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody [MWh/rok]
 r – Diskont

R – Tepelný odpor konstrukce [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]
 R_{si} – Tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]
 R_{se} – Tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]
 U – Součinitel prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 U_{em} – Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $U_{\text{em,N}}$ – požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $U_{\text{N,20}}$ – Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $U_{\text{pas,20}}$ – Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $U_{\text{rec,20}}$ – Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $V_{2\text{p}}$ – Potřeba vody [m^3/den]
 T_{s} – Doba návratnosti
 T_{sd} – Reálná doba návratnosti
 t_{svl} – Teplota studené vody v létě [$^{\circ}\text{C}$]
 t_{svz} – Teplota studené vody v zimě [$^{\circ}\text{C}$]
 t_{sv} – Teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$]
 t_{tv} – Teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$]
 $T_{\text{ž}}$ – doba živostnosti (hodnocení) projektu
 z – Koeficient energetických ztrát systému [-]
 $\Sigma\Delta U$ – Celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem netěsností, mezer
 α_i – Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 α_e – Součinitel přestupu tepla na vnější straně [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 $\Delta U_{\text{tbk,j}}$ – Vliv tepelných mostů a vazeb [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 Θ_{ai} – Návrhová teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 Θ_e – Návrhová teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 Θ_i – cílová teplota na vytápění v provozní dobu [$^{\circ}\text{C}$]
 Θ_{si} – Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce [$^{\circ}\text{C}$]
 λ – Součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]
 ξ_{Rsi} – Poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu [-]
 ρ – Hustota vody [kg/m^3]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy a průkazu energetické náročnosti budovy, [3]	12
Obrázek 2: Horizontální záření v České republice z roku 2011, [14]	23
Obrázek 3: Solární panely stojící na zemině v Poličce okres Svitavy, 2018	24
Obrázek 4: Vířská přehrada s vodní elektrárnou, 2018	25
Obrázek 5: Větrné elektrárny Svitavy, 2018	26
Obrázek 6: Řepka olejná, Nedvězí okres Svitavy, 2017	27
Obrázek 7: Elektromagnetické spektrum	29
Obrázek 8: Termokamera typu FLIR E50	30
Obrázek 9: Postup tepla přes složenou vnější stěnu v zimním období	37
Obrázek 10: Lokalita daného objektu	47
Obrázek 11: Západní pohled	48
Obrázek 12: Jihozápadní pohled	48
Obrázek 13: Východní pohled 1	49
Obrázek 14: Východní pohled 2	49
Obrázek 15: Rozvodní skříň s elektroměry a pojistkami pro jednotlivé byty	53
Obrázek 16: Jeden z hlavních uzávěrů vody, který se nachází na chodbě před sklepy ..	54
Obrázek 17: Hlavní uzávěr vody, který se nachází na rozvodech vody v sušárnách	54
Obrázek 18: Hlavní uzávěr plynu a plynoměr vedený pod stropem v suterénu	55
Obrázek 19: HUP – hlavní uzávěr plynu, který se nachází v suterénu	56
Obrázek 20: Hlavní uzávěr plynu a plynoměr pro jednotlivé byty	56
Obrázek 21: Axiální ventilátor z interiéru	57
Obrázek 22: Axiální ventilátor z exteriéru	57
Obrázek 23: Suterén objektu	57
Obrázek 24: Osvětlení v prádelně, která se nachází v suterénu	58
Obrázek 25: Karm Beta 4 Comfort 02, [23]	59
Obrázek 26: Rozměrový náčrt Karmy Beta 4 Comfort 02, rozměry jsou uvedeny v mm, [23]	60
Obrázek 27: Termokamera typu FLIR E50	82
Obrázek 28: Východní pohled (fasáda objektu ze dvora)	84
Obrázek 29: Východní pohled (fasáda objektu ze dvora) – termografický snímek	84
Obrázek 30: Porovnání s navazujícími objekty z východního pohledu	85
Obrázek 31: Porovnání s navazujícími objekty z východního pohledu – termografický snímek	85
Obrázek 32: Detail hlavních vchodových dveří	86
Obrázek 33: Detail hlavních vchodových dveří – termografický snímek	86
Obrázek 34: Detail rohu lodžie ze západní strany	87
Obrázek 35: Detail rohu lodžie ze západní strany – termografický snímek	87
Obrázek 36: Vstup z pokoje na lodžii	89
Obrázek 37: Vstup z pokoje na lodžii – termografický snímek	89
Obrázek 38: Detail okna v kuchyni směrem na lodžii	90

Obrázek 39: Detail okna v kuchyni směrem na lodžii – termografický snímek.....	90
Obrázek 40: Detail podlahy v koupelně s podlahovým vytápěním	91
Obrázek 41: Detail podlahy v koupelně s podlahovým vytápěním – termografický snímek.....	91
Obrázek 42: Termografický snímek s emisivitou 0,85	92
Obrázek 43: Termografický snímek s emisivitou 0,9	92
Obrázek 44: Termografický snímek s emisivitou 0,95	92

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Energetické třídy A až G	11
Tabulka 2: Parametry a hodnoty referenční budovy	14
Tabulka 3: Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie pro referenční budovu	15
Tabulka 4: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (h^{-1})	17
Tabulka 5: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění.....	18
Tabulka 6: Neobnovitelné zdroje energie, [12]	21
Tabulka 7: Obnovitelné zdroje energie, [12]	23
Tabulka 8: Výhody a nevýhody bionafty	28
Tabulka 9: Požadované hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti.....	35
Tabulka 10: Srovnání spotřeby jednotlivých zdrojů světla	40
Tabulka 11: Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého	43
Tabulka 12: Doporučené hodnoty pro nedopal.....	44
Tabulka 13: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 790 mm.....	62
Tabulka 14: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 640 mm.....	62
Tabulka 15: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny tl. 490 mm.....	63
Tabulka 16: Výpočet součinitele prostupu tepla štítové stěny tl. 490 mm.....	63
Tabulka 17: Výpočet součinitele prostupu tepla stropu nad 1. PP	64
Tabulka 18: Výpočet součinitele prostupu tepla stropu nad 5. NP.....	64
Tabulka 19: Výpočet součinitele prostupu tepla střešního pláště.....	65
Tabulka 20: Výpočet součinitele prostupu tepla mezi sousedními budovami.....	65
Tabulka 21: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 620 mm.....	66
Tabulka 22: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 520 mm.....	66
Tabulka 23: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 270 mm.....	67
Tabulka 24: Výpočet součinitele prostupu tepla vnitřní stěny tl. 120 mm.....	67
Tabulka 25: Vstupní údaje pro výpočet potřeby tepla na přípravu teplé vody.....	68
Tabulka 26: Tepelné ztráty a zisky stávajícího stavu objektu pro ZÓNU 1	69
Tabulka 27: Tepelné ztráty a zisky stávajícího stavu objektu pro ZÓNU 2.....	70
Tabulka 28: Vstupní údaje pro výpočet potřeby el. energie na osvětlení pro zónu 1.....	71
Tabulka 29: Vstupní údaje pro výpočet potřeby el. energie na osvětlení pro zónu 2.....	72
Tabulka 30: Celková energetická bilance stávajícího stavu objektu	73
Tabulka 31: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplené vnější stěny tl. 780 mm.....	74
Tabulka 32: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení vnější stěny tl. 630 mm.....	74
Tabulka 33: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení stropu nad 1. PP.....	75
Tabulka 34: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení stropu nad 5. NP	76
Tabulka 35: Výpočet součinitele prostupu tepla zateplení střechy.....	77
Tabulka 36: Rovnoběžně s tepelným tokem	78
Tabulka 37: Kolmo k tepelnému toku	79

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výroba elektřiny v ČR z roku 2010	19
Graf 2: Podíl energie z obnovitelných zdrojů ve státech EU z roku 2013, [10]	20
Graf 3: Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie [MWh]	22
Graf 4: Tepelné ztráty pro zónu 1	69
Graf 5: Tepelné ztráty pro zónu 2	70
Graf 6: Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla před a po zateplení.....	79
Graf 7: Měření vnitřního prostředí v obývacím pokoji.....	95
Graf 8: Měření vnitřního prostředí v ložnici.....	96
Graf 9: Teplota a vlhkost v obývacím pokoji	97
Graf 10: Venkovní teplota	98

SEZNAM POUŽITÝCH DOKUMENTŮ

Zpráva o revizi plynového zařízení 2017

Zpráva o revizi elektrického zařízení 2017

Revize spalinových cest 2017

Projektová dokumentace

Situace M 1:1000

Půdorys suterénu M 1:50

Půdorys přízemí M 1:50

Půdorys 1. NP M 1:50

Půdorys 2. NP M 1:50

Půdorys 3. NP M 1:50

Půdorys 4. NP M 1:50

Půdorys půdy M 1:50

Pohled východní (zadní) M 1:50

Pohled západní (uliční) M 1:50

Pohled jižní (boční) M 1:50

Řez 1 – 1'

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 Energetický štítek obálky budovy